جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم والتعليم الفني
الإدارة المركزية لشئون الكتب

الفيزياء

الصف الأول الثانوى

كتاب الطالب

فريق الإعداد

أ.د محمد عبد الهادى كامل العدوى
د. ياسر سيد حسن مهدى
د. علاء فرج عبد الرحيم البنا
د. أيمن محمد عبد المعطى

لجنة التعديلات

صدقة الدرديرى مجدى
علاء الدين محمد أحمد عامر

مستشار مادة العلوم
يسرى فؤاد سويرس

٢٠١٩ - ٢٠٢٠

غير مصرح بتداول هذا الكتاب
خارج وزارة التربية والتعليم
والتعليم الفنى

مقدمة

يمثل هذا الكتاب دعامة من دعائم المنهج المطور فى الفيزياء للصف الأول الثانوى، إلى جانب الأنشطة والتدريبات، ودليل المعلم - الأمر الذى يعمل على تحقيق أهداف عملية تطوير المناهج لمواجهة تحديات القرن الحادى والعشرين، والذى واكبت بدايته ثورة متسارعة فى المعلومات وتكنولوجيا الاتصالات.

ويهدف المنهج إلى تحقيق التوجهات التالية:

- التبصير بالعلاقة بين العلم والتكنولوجيا فى مجال الفيزياء وانعكاساتها على التنمية.
- التركيز على ممارسة الطلاب للتصرف الواعى والفعال حيال استخدام المخرجات التكنولوجية.
- اكتساب الطلاب منهجية التفكير العلمى، ومن ثم يتاح لهم الانتقال إلى التعلم الذاتى الممتزج بالمتعة والتشويق.
- اعتماد الطلاب على الاستكشاف فى التوصيل إلى المعلومات، واكتساب المزيد من الخبرات.
- توفير الفرص لممارسة مهام المواطنة من خلال أساليب التعلم الذاتى، والعمل بروح الفريق للتفاوض والإقناع وتقبل آراء الآخرين وعدم التعصب ونبذ التطرف.
- اكتساب الطلاب المهارات الحياتية، ، عن طريق زيادة الاهتمام بالجانب العملى والتطبيقى.
- تنمية الاتجاهات البيئية الإيجابية نحو استخدام الموارد البيئية، والحفاظ على التوازن البيئى محليًا وعالميًا.

ويحتوى هذا الكتاب على ست أبواب مترابطة، يتضمن كل باب منها مجموعة من الفصول المتكاملة تحقق الأهداف المرجوة من دراسة كل باب، وهى:

١ الكميات الفيزيائية ووحدات القياس.

٢ الحركة الخطية.

٣ الحركة الدائرية.

٤ الشغل والطاقة فى حياتنا اليومية.

ومواكبة لتطورات العصر ولتفعيل تكنولوجيا المعلومات والاتصالات فقد تم تصميم موقع تعليمي على شبكة المعلومات الدولية والذى يتضمن العديد من الأفلام والصور والتدريبات والامتحانات وذلك على الرابط التالى:

www.elshamsscience.com.eg

وقد تم تزويد الكتاب بروابط على بنك المعرفة المصرى

www.ekb.eg

منها ما هو فى سياق الموضوعات ، ومنها ما هو إثرائى لتعميق المعرفة والفهم تشجيعًا للطلاب على المزيد من البحث والاطلاع.

نسأل الله عزّوجلّ أن تعم الفائدة من هذا الكتاب، وندعوه سبحانه أن يكون ذلك لبنة من اللبنات التى نضعها فى محراب حب الوطن والانتماء إليه.والله من وراء القصد، وهو يهدى إلى سواء السبيل.

المؤلفون

المحتويات

الباب الأول: الكميات الفيزيائية ووحدات القياس

الفصل الأول : القياس الفيزيائى ٢

الفصل الثانى : الكميات القياسية والكميات المتجهة ٢٣

الباب الثانى : الحركة الخطية

الفصل الأول : الحركة فى خط مستقيم ٣٦

الفصل الثانى : الحركة بعجلة منتظمة ٥١

الفصل الثالث : القوة والحركة ٦٩

الباب الثالث: الحركة الدائرية

الفصل الأول : قوانين الحركة الدائرية ٨٨

الفصل الثانى : الجاذبية الكونية والحركة الدائرية ١٠٢

الباب الرابع: الشغل والطاقة فى حياتنا اليومية

الفصل الأول : الشغل والطاقة ١١٨

الفصل الثانى : قانون بقاء الطاقة ١٣١

الباب الأول

الكميات الفيزيائية ووحدات القياس

Physical Quantities and Measuring Units

فصول الباب

الفصل الأول : القياس الفيزيائى

الفصل الثانى : الكميات القياسية والكميات المتجهة

مقدمة الباب

تهتم العلوم الطبيعية بدراسة جميع الظواهر التى تحدث فى الكون، فتصف هذه الظواهر وتحاول تفسيرها وتخضعها للتجربة بهدف الاستفادة منها فى خدمة الإنسان، ولا يمكن أن يكون وصف هذه الظواهر دقيقًا دون إجراء عمليات قياس دقيقة للكميات الفيزيائية المختلفة.

أهداف الباب

فى نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تتعرف الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة.
- تستنتج معادلة أبعاد الكميات الفيزيائية.
- تحدد الكميات الفيزيائية الأساسية فى النظام الدولى ووحدات قياسها.
- تسمى أدوات قياس الطول، والكتلة، والزمن.
- تستنتج وحدات النظام الدولى لكميات فيزيائية مشتقة.
- تستخدم معادلة الأبعاد فى إثبات صحة القوانين الفيزيائية.
- تقارن بين الكمية القياسية والكمية المتجهة.
- تتعرف الضرب القياسى للكميات المتجهة.
- تتعرف الضرب الاتجاهى للكميات المتجهة.
- تتعرف كيفية حساب الخطأ فى القياس.
- تتعرّف مصادر الخطأ فى القياس.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- حل المشكلات.
- التطبيق.
- التفكير الناقد.

الجوانب الوجدانية المتضمنة

- تقدير جهود العلماء فى تصميم أدوات القياس المختلفة.
- تقدير أهمية الدقة فى إجراء عملية القياس.
- إدراك أهمية القياس فى الحياة اليومية.

الفصل الأول

القياس الفيزيائى

Physical Measurement

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تفرق بين الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة.
- تستنتج معادلة أبعاد الكميات الفيزيائية.
- تحدد الكميات الفيزيائية الأساسية فى النظام الدولى ووحدات قياسها.
- تسمى أدوات قياس الطول والكتلة والزمن.
- تستنتج وحدات النظام الدولى لكميات فيزيائية مشتقة.
- تستخدم معادلة الأبعاد فى إثبات صحة القوانين الفيزيائية.
- تحسب الخطأ فى القياس.
- تذكر مصادر الخطأ فى القياس.

مصطلحات الفصل :

الكمية الفيزيائية	*Physical quantity*
وحدة القياس	*Measuring unit*
الخطأ المطلق	*Absolute error*
الخطأ النسبى	*Relative error*

مصادر التعلم الإلكترونية :

- فيلم تعليمى: الكميات الفيزيائية ووحدات القياس.

http://www.youtube.com/watch?v=Hk-aI5EFlYY

وصف درجة حرارة شخص بأنها مرتفعة يكون غير دقيق علميًا، والأفضل أن يقال مثلًا أن درجة حرارته 40 درجة سيلزيوس ($40\ ^\circ C$) ، فالقياسات تحول مشاهداتنا إلى مقادير كمية يمكن التعبير عنها بواسطة الأرقام

شكل (١) : يحتاج الإنسان لإجراء قياسات مختلفة فى الحياة اليومية

ما المقصود بالقياس؟

القياس هو عملية مقارنة كمية مجهولة بكمية أخرى من نوعها (تسمى وحدة القياس) لمعرفة عدد مرات إحتواء الأولى على الثانية، ولعملية القياس ثلاثة عناصر رئيسة هى:

١ الكميات الفيزيائية (المراد قياسها).

٢ أدوات القياس اللازمة.

٣ وحدات القياس المستخدمة (الوحدات المعيارية).

تعميق المعرفة

لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:

وسنتناول بالتفصيل كل عنصر من هذه العناصر.

إن الكميات التى نتعامل معها مثل الكتلة والزمن والطول والحجم وغيرها تسمى كميات فيزيائية، ونحن نحتاج إلى قياسها بدقة فى حياتنا اليومية.

تواصل

تواصل معنا من خلال موقع الكتاب على شبكة المعلومات الدولية.
www.elshamsscience.com.eg

ويمكن تصنيف الكميات الفيزيائية إلى:

أ **كمية فيزيائية أساسية:** هى كمية فيزيائية لا تُعرف بدلالة كميات فيزيائية أخرى.

من أمثلتها: الطول، الزمن، الكتلة.

ب **كمية فيزيائية مشتقة:** هى كمية فيزيائية تُعرف بدلالة الكميات الفيزيائية الأساسية.

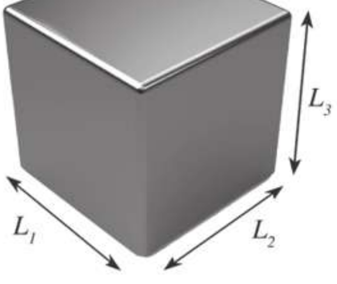
من أمثلتها: الحجم، السرعة، العجلة.

فنجد على سبيل المثال أن:

حجم متوازى المستطيلات = الطول × العرض × الارتفاع

$$V = L_1 \times L_2 \times L_3$$

أى أن الحجم مشتق من الطول.



شكل (٢) : متوازى مستطيلات

ويوجد فى العالم عدة أنظمة لتحديد الكميات الفيزيائية الأساسية ووحدات قياسها ومنها:

	وحدات القياس		
الكمية الأساسية	النظام الفرنسى (نظام جاوس) $(C.G.S)$	النظام البريطانى $(F.P.S)$	النظام المترى $(M.K.S)$
الطول	سنتيمتر	قدم	متر
الكتلة	جرام	باوند	كيلو جرام
الزمن	ثانية	ثانية	ثانية

التكامل مع الرياضيات

دائمًا ما يتم التعبير عن الكميات الفيزيائية وعلاقتها ببعضها البعض بالمعادلات الرياضية، وهذه المعادلات الرياضية هى صورة مختصرة لتوصيف فيزيائى. ويكون لكل معادلة فيزيائية مدلول معين. وهذا المدلول هو ما نسميه المعنى الفيزيائى.

النظام الدولى للوحدات International System of Units (SI):

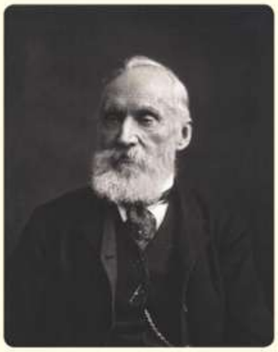
ويسمى أيضا النظام المترى المعاصر، وقد تم الاتفاق فى المؤتمر العالمى للمقاييس والموازين الحادى عشر الذى عقد عام *1960* على إضافة أربع وحدات للنظام المترى السابق، وبذلك أصبح على الصورة التى يبينها الرابط المقابل:

وقد أضيفت وحدتان إضافيتان وهما:

- راديان *Radian* لقياس الزاوية المسطحة.
- استرديان *Steradian* لقياس الزاوية المجسمة.

هذا وقد تم استخدام النظام الدولى فى جميع المجالات العلمية المختلفة فى كافة أنحاء العالم.

علماء أفادوا البشرية



وليام طومسون (لورد كلفن): عالم بريطانى يعد أحد أبرز العلماء الذين طوروا النظام المترى وقد قام بتعيين درجة الصفر المطلق على مقياس "كلفن" لدرجات الحرارة بدقة تامة، ووجد أنها تساوى ($-273°C$) .

أحمد زويل: عالم مصرى حصل على جائزة نوبل عام *1999* م حيث استخدم الليزر فى دراسة التفاعلات الكيميائية بين الجزيئات والتى تحدث فى فترة زمنية تقاس بالفيمتوثانية (10^{-15} s)

٢- أدوات القياس Measurement Tools

اتخذ الإنسان فى الماضى من أجزاء جسمه ومن الظواهر الطبيعية وسائل للقياس. فاتخذ الذراع وكف اليد والقدم وغيرها كمقاييس للطول، واستفاد من شروق الشمس وغروبها ودورة القمر فى استنباط مقياس للزمن، ونشأت نظم مختلفة للقياس، وتنوعت وتعددت فى كل دولة، ولقد تطورت أدوات القياس تطوراً هائلاً فى إطار التطور الصناعى الضخم الذى أعقب الحرب العالمية الثانية، وبذلك ساعدت الإنسان على وصف الظواهر بدقة والتوصل إلى حقائق الأشياء.

(قياس الأطوال – قياس مساحة بعض الأشكال).

تعميق المعرفة

لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:

الكمية	بعض أدوات القياس قديمًا وحديثًا			
الطول	 الشريط المترى	 المسطرة	 القدمة ذات الورنية	 الميكرومتر
الكتلة	 ميزان رومانى	 ميزان ذو الكفتين	 ميزان ذو الكفة الواحدة	 ميزان رقمى
الزمن	 الساعة الرملية	 ساعة البندول	 ساعة الإيقاف	 ساعة رقمية

٣- الوحدات المعيارية Standard Units

بدون استخدام وحدات القياس يصبح الكثير من المهام التى نقوم بها فى حياتنا اليومية عديمة المعنى، فعندما نقول إن كتلة جسم ما تساوى (*5*) دون أن نذكر وحدة قياس الكتلة المستخدمة فإن ذلك يجعلنا نتساءل: هل وحدة القياس هى الجرام، أم الكيلوجرام أم الطن..؟ ولكننا عندما نقول: إن الكتلة تساوى ($5\ kg$) نكون قد أوضحنا الكمية إيضاحًا تامًا.

يشير هذا الرمز إلى ضرورة مراجعة كتاب الأنشطة والتدريبات لوجود نشاط أو أكثر متعلق بهذه النقطة بالكتاب.

ولقد حاول العلماء البحث عن التعريف الأكثر دقة لكل من الوحدات المعيارية مثل الطول والكتلة والزمن، وإليك بعض هذه التعريفات.

أولا: معيار الطول (المتر): يعتبر الفرنسيون أول من استخدم المتر كوحدة عيارية لقياس الطول. وقد تغير تعريف المتر بحثًا عن التعريف الأكثر دقة.

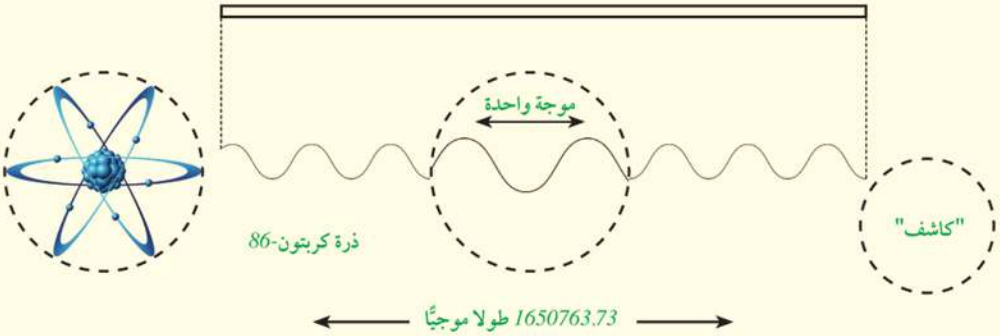
> **"المتر العيارى هو المسافة بين علامتين محفورتين عند نهايتى ساق من سبيكة من البلاتين - الأيريديوم محفوظة عند درجة الصفر سيلزيوس فى المكتب الدولى للموازين والمقاييس بالقرب من باريس.**

الشكل (٣) : المتر العيارى

معلومة إثرائية

فى عام *1960* م اتفق العلماء فى المؤتمر الدولى للموازيين والمقاييس على إمكانية استبدال المتر العيارى السابق بأحد الثوابت الذرية وفقا للتعريف الآتى:

> **"المتر العيارى يساوى عدد معلومًا (*1650763.73*) من الأطوال الموجية للضوء الأحمر - البرتقالى المنبعث فى الفراغ من ذرات نظير عنصر الكربتون ذى الكتلة الذرية *86* فى أنبوبة تفريغ كهربائى بها غاز الكربتون".**



شكل (٤) : المترمعرفا بدلالة الأطوال الموجبة للضوء الأحمر البرتقالى لذرة الكربتون-86

أفكار لتنشيط الإبداع

باستخدام شبكة المعلومات، ابحث فى اجابة الأسئلة التالية:

- كيف يمكنك قياس بعد القمر عن الأرض؟
- كيف يمكنك قياس طول محيط الكرة الأرضية؟

ثانيا: معيار الكتلة (الكيلو جرام) : "الكيلو جرام العيارى يساوى كتلة أسطوانة من سبيكة (البلاتين - الإيريديوم) ذات الأبعاد المحددة محفوظة عند درجة صفر سليزيوس فى المكتب الدولى للمقاييس والموازين بالقرب من باريس.

تعميق المعرفة

لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:

الشكل (٥) : الكيلو جرام العيارى

ثالثا: معيار الزمن (الثانية) الثانية هى وحدة قياس الزمن، ولقد تم تحديدها فى العصور القديمة. فقد كان الليل والنهار واليوم وسيلة ممتازة للعثور على مقياس ثابت وسهل لوحدة الزمن، حيث أن:

اليوم = 24 ساعة = 24 × 60 دقيقة = 24 × 60 × 60 ثانية = 86400 ثانية

وبناء على ما سبق يمكن تعريف الثانية على أنها تساوى $\frac{1}{86400}$ من اليوم الشمسى المتوسط.

ولقد اقترح العلماء استخدام الساعات الذرية مثل ساعة السيزيوم لقياس الزمن، وهى غاية فى الدقة.

معلومة إثرائية

توصل العلماء إلى التعريف الآتى للثانية باستخدام ساعة السيزيوم:

"الثانية هى الفترة الزمنية اللازمة لينبعث من ذرة السيزيوم ذى الكتلة الذرية 133 عدد من الموجات (يساوى 9192631700 موجة)"

شاهد فيلم على موقع الكتاب

كيف تعمل الساعة الذرية؟

الشكل (٦) : ساعة السيزيوم الذرية

ويساعد استخدام الساعات الذرية ذات الدقة المتناهية فى دراسة عدد كبير من المسائل ذات الأهمية العلمية والعملية مثل تحديد مدة دوران الأرض حول نفسها (زمن اليوم) إلى جانب مراجعات لتحسين الملاحة الجوية والأرضية، وتدقيق رحلات سفن الفضاء لاكتشاف الكون وغيرها.

تنمية التفكير الناقد

- ✻ لماذا لا يستخدم طول مماثل للمتر العيارى من الزجاج لنحتفظ به كوحدة عيارية لقياس الطول؟
- ✻ لماذا فى رأيك اختار العلماء المتر العيارى الذرى وفضلوه على المتر العيارى الدولى؟
- ✻ لماذا يبحث العلماء عن المعيار الأكثر دقة لقياس الكمية الفيزيائية؟

صيغة الأبعاد Dimensional Formula

اصطلح العلماء على تعريف محدد لكل كمية فيزيائية يتم الاتفاق عليه عالميا.

فمثلا: السرعة (معدل تغير المسافة بالنسبة للزمن) = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$. ويظل هذا التعريف ساريًا فى جميع أنحاء العالم.

- نرمز للطول *Length* بالرمز "*L*".
- نرمز للكتلة *Mass* بالرمز "*M*".
- نرمز للزمن *Time* بالرمز "*T*".

لعبة إلكترونية على موقع الكتاب

حساب أبعاد الكميات الفيزيائية؟

وعندما نعبر عن التعريف بدلالة الرموز السابقة نحصل على ما يسمى "صيغة أبعاد" الكمية الفيزيائية. فمثلًا:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{الطول}}{\text{الزمن}}$$

$$[v] = \frac{Distance}{time} = \frac{L}{T} = LT^{-1}$$

مما سبق يتضح أنه يمكن التعبير عن معظم الكميات الفيزيائية المشتقة بدلالة أبعاد الكميات الفيزيائية الأساسية، وهى الطول والكتلة والزمن مرفوع كل منها "لأس" معين ويكتب التعبير الناتج على الصورة الآتية:

$$[A] = L^{\pm a} M^{\pm b} T^{\pm c}$$

حيث A الكمية الفيزيائية، a,b,c هى أبعاد T و M و L على الترتيب.

وحدة قياس الكمية الفيزيائية : نحصل على وحدة القياس بالتعبير عن معادلة الأبعاد بالوحدات المناسبة.

فعلى سبيل المثال تقاس السرعة بوحدة: متر / ثانية (m/s).

مثال محلول

أوجد صيغة أبعاد العجلة، وكذلك وحدة قياسها، إذا علمت أن العجلة تعرف بأنها (معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن).

الحل:

العجلة = $\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$

$$a = \frac{Velocity}{time} = \frac{LT^{-1}}{T} = LT^{-2}$$

أما وحدة قياس العجلة فتكون: م/ث^{٢} (m/s^2)

صيغة أبعاد بعض الكميات الفيزيائية :

الكميات الفيزيائية	علاقتها مع الكميات الأخرى	صيغة الأبعاد	وحدة القياس
المساحة (A)	الطول × العرض	$L \times L = L^2$	m^2
الحجم (V)	الطول × العرض × الارتفاع	$L \times L \times L = L^3$	m^3
الكثافة (ρ)	$\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$	$\frac{M}{L^3} = ML^{-3}$	kg/m^3
السرعة (v)	$\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$	$\frac{L}{T} = LT^{-1}$	m/s
العجلة (a)	$\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$	$\frac{LT^{-1}}{T} = LT^{-2}$	m/s^2
القوة (F)	الكتلة × العجلة	$M \times LT^{-2} = MLT^{-2}$	N (نيوتن)

انتبه

- عند جمع أو طرح كميتين فيزيائيتين يجب أن تكونا من نفس النوع، أى لهما نفس صيغة الأبعاد فلا يمكن جمع كتلة $2\ kg$ مع مسافة $2\ m$.
- إذا كانت وحدة القياس مختلفة لكميتين من نفس النوع فيجب أن نحول وحدة قياس إحداهما إلى وحدة قياس الأخرى لكى يمكن جمع أو طرح الكميتين مع بعضهما.

$$1\ m + 170\ cm = 100\ cm + 170\ cm = 270\ cm$$

- يمكن ضرب وقسمة الكميات الفيزيائية التى ليس لها نفس معادلة صيغة، وفى هذه الحالة نحصل على كمية فيزيائية جديدة، فعند قسمة المسافة على الزمن تنتج السرعة.

أهمية معادلات الأبعاد: يمكن استخدام معادلة الأبعاد فى اختبار صحة القوانين، حيث يجب أن يكون أبعاد كل من طرفى المعادلة متماثلة، وهذا ما يسمى (تحقيق تجانس الأبعاد للمعادلة).

مثال محلول

اثبت صحة العلاقة: طاقة الحركة = $\frac{1}{2}$ الكتلة × مربع السرعة، إذا علمت أن صيغة أبعاد الطاقة $E = ML^2T^{-2}$

الحل:

صيغة أبعاد الطرف الأيمن هى ML^2T^{-2}

صيغة أبعاد الطرف الأيسر

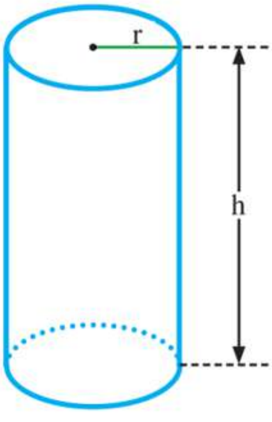
من المعلوم أن الكسر $\frac{1}{2}$ ليس له وحدة قياس. $M(L/T)^2 = ML^2T^{-2}$

وهى نفس صيغة أبعاد الطرف الأيمن. ونستنتج من ذلك أن العلاقة صحيحة.

مثال محلول

اقترح أحدهم أن حجم الأسطوانة يتعين من العلاقة $V = \pi rh$ ، حيث (r) نصف قطر قاعدة الأسطوانة ، (h) ارتفاع الأسطوانة .

استخدم صيغة الأبعاد لكى تتحقق من صحة هذه المعادلة.



الحل:

تكتب المعادلة. $V = \pi rh$ (ويلاحظ أن π ثابت ليس له وحدات)

صيغة أبعاد الطرف الأيسر (حجم) L^3.

صيغة أبعاد الطرف الأيمن (طول×طول) L^2.

النتيجة: أبعاد طرفى المعادلة غير متطابقة.

الاستنتاج: المعادلة خطأ.

لاحظ أن: وجود نفس صيغة الأبعاد على طرفى المعادلة لا يضمن صحتها، ولكن اختلافها على طرفى المعادلة يؤكد خطأها.

ركن التفكير:

تخضع حركة جسم تحت تأثير الجاذبية للعلاقة التالية:

$$v_f = v_i + gt$$

أثبت صحة هذه العلاقة باستخدام صيغة الأبعاد. علما بأن: g هى عجلة الجاذبية الأرضية، t الزمن، v_f السرعة النهائية، v_i السرعة الابتدائية.

مضاعفات وكسور الوحدات فى النظام العالمى

فى عملية القياس توصف الكمية الفيزيائية عادة برقم عددى ووحدة قياس، فمثلاً المسافة بين النجوم كبيرة جدًّا وتقدر بحوالى (100,000,000,000,000,000m). أما المسافة بين الذرات فى الجوامد فتقدر بحوالى (0.000000001m) لا شك أننا نجد صعوبة كبيرة فى قراءة هذه الأرقام. لذلك يفضل التعبير عن هذه الأرقام وكتابتها باستخدام الرقم 10 مرفوعًا لأس معين، وبهذه الطريقة يمكن كتابة المسافة بين النجوم على الصورة ($1\times10^{17}m$) والمسافة بين الذرات فى الجوامد على الصورة ($1\times10^{-9}m$) وتسمى هذه الطريقة فى التعبير عن الكميات الفيزيائية بالصيغة المعيارية لكتابة الأعداد. وسمى المعامل $10^{\pm x}$ بأسماء محددة تم الاتفاق عليها بين العلماء وهى موضحة بالجدول التالى:

المعامل	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-2}	10^{3}	10^{6}	10^{9}
المسمى	نانو	ميكرو	مللى	سنتى	كيلو	ميجا	جيجا
الرمز	n	μ	m	c	k	M	G

مثال محلول

تيار كهربائى شدته 7 مللى أمبير (7 mA)، عبر عن شدة هذا التيار بوحدة الميكروأمبير (µA).

الحل:

من الجدول السابق نجد أن: $1\ mA = 10^{-3} A$

$1\ \mu A = 10^{-6}\ A$

بقسمة العلاقتين السابقتين ينتج أن:

$$\frac{1\ mA}{1\ \mu A} = 10^{3}$$

أي أن: $1\ mA = 10^{3}\ \mu A$

وبضرب الطرفين فى (7) نجد أن: $7\ mA = 7\times10^{3}\ \mu A$

معنى هذا أن: 7 مللى أمبير = 7000 ميكروأمبير.

خطأ القياس: Measurement error

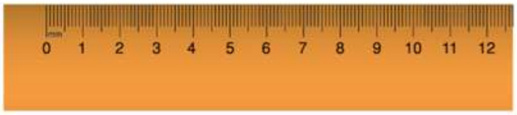
اهتم الإنسان عبر تاريخه بتحسين طرق القياس وتطوير أجهزته نظرًا للارتباط الواضح بين دقة عملية القياس والتقدم العلمى والتكنولوجى، ولا يمكن أن تتم عملية قياس بدقة (*100 %*)، ولكن لابد من وجود نسبة ولو بسيطة من الخطأ، فعند قياس طول غرفة مثلا فإننا نجد أن هناك اختلافًا بين القيمة المقاسة والقيمة الحقيقية، وقد يكون هذا الاختلاف طفيفًا أو كبيرًا حسب دقة القياس.

تدريب

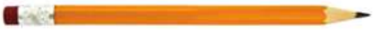
طلب معلم من 5 طلاب قياس طول قلم رصاص، وكانت النتائج على النحو التالى:

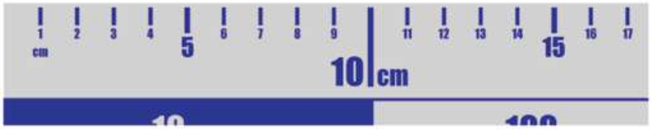
الطالب	الأول	الثانى	الثالث	الرابع	الخامس
نتيجة القياس	*10.1 cm*	*10.0 cm*	*9.8 cm*	*10.0 cm*	*10.2 cm*

- ماذا تستنتج من الجدول السابق؟
- اذكر الأسباب المحتملة التى نتجت عنها الأخطاء فى القياس؟
- ما المسطرة الأدق فى قياس طول القلم الرصاص؟ ولماذا؟



أ - مسطرة مدرجة ١ مم





ب - مسطرة مدرجة ١ سم

مصادر الخطأ فى القياس:

تتعدد مصادر الخطأ عند قياس الكميات الفيزيائية المختلفة، ومن هذه المصادر:

شكل (٧) : جهاز أميتر قديم

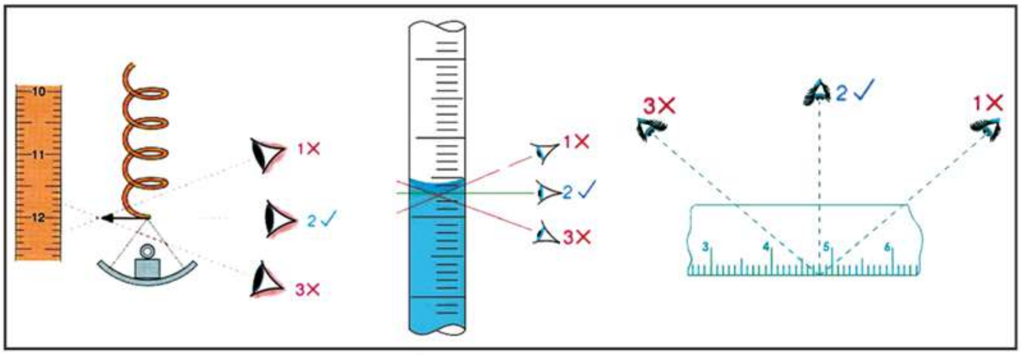
١) **اختيار أداة قياس غير مناسبة:** من الأخطاء الشائعة اختيار أداة غير مناسبة للقياس، فمثلا استخدام الميزان المعتاد بدلا من الميزان الحساس لقياس كتلة خاتم ذهبى يؤدى إلى حدوث خطأ أكبر فى القياس.

٢) **وجود عيب فى أداة القياس:** قد يوجد عيب أو أكثر فى أداة القياس، ومن أمثلة تلك العيوب فى جهاز الأميتر على سبيل المثال:

- أن يكون الجهاز قديمًا والمغناطيس بداخله أصبح ضعيفًا.
- ابتعاد مؤشر مقياس الأميتر عن صفر التدريج عند قطع التيار كما بالشكل.

٣ **إجراء القياس بطريقة خطأ:** كثيرًا ما تنتج الأخطاء من المستجدين والأشخاص غير المدربين على إجراء القياس بدقة، ومن هذه الأخطاء:

- عدم معرفة استخدام الأجهزة متعددة التدريج مثل الملتيمتر.
- النظر إلى المؤشر أو التدريج بزاوية بدلًا من أن يكون خط الرؤية عموديًا على الأداة.



شكل (٨) : ينبغى أن يكون خط الرؤية عموديًا على أداة القياس

٤ **عوامل بيئية:** مثل درجات الحرارة أو الرطوبة أو التيارات الهوائية فعند قياس كتلة جسم صغير باستخدام ميزان حساس قد تؤدى التيارات الهوائية إلى حدوث خطأ فى عملية القياس؛ ولتجنب هذا الخطأ يوضع الميزان الحساس داخل صندوق زجاجي.

حساب الخطأ فى القياس:

قبل أن نبدأ فى عرض كيفية حساب الخطأ فى القياس لابد أن نميز أولًا بين نوعى القياس:

١ **القياس المباشر:** يتم فيه استخدام أداة واحدة للقياس؛ فمثلًا يمكن قياس كثافة سائل باستخدام أداة قياس واحدة تعرف بـ "الهيدروميتر".

٢ **القياس غير المباشر:** يتم فيه استخدام أكثر من أداة قياس، فيمكن قياس الكثافة عن طريق قياس الكتلة بالميزان وقياس الحجم بالمخبار المدرج، ثم حساب الكثافة بقسمة الكتلة على الحجم.

شكل (٩) : قياس الكثافة بطريقة مباشرة باستخدام الهيدروميتر ينتج عنه خطأ واحد فى القياس.

شكل (١٠) : قياس الكثافة باستخدام الميزان والمخبار المدرج ينتج عنه خطأين فى القياس.

وجه المقارنة	القياس المباشر	القياس غير المباشر
عدد عمليات القياس	يتم فيه إجراء عملية قياس واحدة.	يتم فيه إجراء أكثر من عملية قياس.
العمليات الحسابية	لا يتم التعويض فى علاقة رياضية.	يتم التعويض فى علاقة رياضية لحساب الكمية .
الأخطاء فى القياس	يكون هناك خطأ واحد فى عملية القياس.	يكون هناك عدة أخطاء فى عملية القياس؛ لذا يحدث ما يعرف بتراكم للخطأ.
أمثلة	قياس الحجم باستخدام المخبار المدرج.	قياس الحجم بضرب الطول فى العرض فى الارتفاع.

(١)- حساب الخطأ فى حالة القياس المباشر:

شاهد تجربة على موقع الكتاب

قياس الكثافة بطريقتين.

الخطأ المطلق (Δx): هو الفرق بين القيمة الحقيقية (x_0) والقيمة المقاسة (x).

$$\Delta x = |x_0 - x|$$

وتدل علامة المقياس | | على أن الناتج يكون دائما موجبا حتى لو كانت الكمية الحقيقية أقل من الكمية المقاسة؛ لأن المهم هو معرفة مقدار الخطأ سواء كان بالزيادة أو النقصان فعلى سبيل المثال: $|-8| = 8$

الخطأ النسبى (r): هو النسبة بين الخطأ المطلق (Δx) إلى القيمة الحقيقية (x_0).

$$r = \frac{\Delta x}{x_0}$$

مثال محلول

قام أحد الطلاب بقياس طول قلم رصاص عمليا ووجد أنه يساوى ($9.9\ cm$) وكانت القيمة الحقيقية لطول القلم تساوى ($10\ cm$)، بينما قام زميله بقياس طول الفصل ووجد أنه يساوى ($9.13\ m$) فى حين أن القيمة الحقيقية لطول الفصل تساوى ($9.11\ m$) احسب الخطأ المطلق والخطأ النسبى فى كل حالة.

الحل:

فى حالة الطالب الأول: حساب الخطأ المطلق

$$\Delta x = |x_0 - x| = |10 - 9.9| = 0.1\ cm$$

حساب الخطأ النسبى

$$r = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{0.1}{10} = 0.01 = 1\ \%$$

فى حالة الطالب الثانى: حساب الخطأ المطلق

$$\Delta x = |x_0 - x| = |9.11 - 9.13| = |-0.02|\ m = 2\ cm$$

حساب الخطأ النسبى

$$r = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{0.02}{9.11} = 0.0022 = 0.22\ \%$$

ويمكن التعبير عن نتيجة عملية القياس على النحو التالى:

طول القلم الرصاص يساوى $(10 \pm 0.1)\ cm$

طول الفصل يساوى $(9.11 \pm 0.02)\ m$

نلاحظ فيما سبق أن الخطأ المطلق فى قياس الفصل أكبر من الخطأ المطلق فى قياس طول القلم وعلى الرغم من ذلك نجد أن الخطأ النسبى فى قياس طول الفصل أقل، وهذا يدل على أن قياس طول الفصل أكثر دقة من قياس طول القلم.

نتيجة: يعتبر الخطأ النسبى هو الأكثر دلالة على دقة القياس من الخطأ المطلق، ويكون القياس أكثر دقة كلما كان الخطأ النسبى صغيرًا.

(٢)- حساب الخطأ فى حالة القياس غير المباشر:

تختلف طريقة حساب الخطأ فى حالة القياس غير المباشر، وذلك تبعا للعلاقة الرياضية أثناء عملية الحساب.

العلاقة الرياضية	مثال	كيفية حساب الخطأ
الجمع	قياس حجم كميتين من سائل.	الخطأ المطلق = الخطأ المطلق فى القياس الأول + الخطأ المطلق فى القياس الثانى. $\Delta x = \Delta x_1 + \Delta x_2$
الطرح	قياس حجم قطعة نقود بطرح حجم الماء قبل وضعها فى مخبار مدرج من حجم الماء بعد وضعها فى المخبار.	
الضرب	قياس مساحة مستطيل بقياس الطول وقياس العرض وإيجاد حاصل ضربهما.	الخطأ النسبى فى القياس = الخطأ النسبى فى القياس الأول + الخطأ النسبى فى القياس الثانى. $r = r_1 + r_2$
القسمة	قياس كثافة سائل بقياس الكتلة والحجم ثم إيجاد حاصل قسمة الكتلة على الحجم.	

أمثلة محلولة

١ احسب الخطأ النسبى والخطأ المطلق فى قياس مساحة مستطيل (A) طوله m (6±0.1) وعرضه (5±0.2) m.

الحل:

حساب الخطأ النسبى فى قياس الطول $r_1 = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{0.1}{6} = 0.017$

حساب الخطأ النسبى فى قياس العرض $r_2 = \frac{\Delta y}{y_0} = \frac{0.2}{5} = 0.04$

حساب الخطأ النسبى فى قياس المساحة $r = r_1 + r_2 = 0.017 + 0.04 = 0.057$

وحيث أن $r = \frac{\Delta A}{A_0}$

فإنه يمكن حساب الخطأ المطلق (ΔA) بضرب الخطأ النسبي فى المساحة الحقيقية (A_0)

$$\Delta A = r \times A_0 = (0.057) \times (5\times6) = 1.7\ m^2$$

وبناء على ما سبق تكون مساحة المستطيل هي $A = (30\pm1.7)\ m^2$

٢ فى تجربة معملية لتعيين كمية فيزيائية (L) التى تتعين من جمع كميتين فيزيائيتين L_1، L_2. إذا كانت:

$L_1 = (5.2 \pm 0.1)$ cm $\qquad L_2 = (5.8 \pm 0.2)$ cm

احسب قيمة L؟

الحل:

حساب القيمة الحقيقية لـ (L) $\quad L_0 = (5.2+5.8) = 11$ cm

حساب الخطأ المطلق $\quad \Delta L = (0.1 + 0.2) = 0.3$ cm

$\therefore\ L = (11 \pm 0.3)$ cm

٣ احسب الخطأ النسبى والخطأ المطلق فى قياس حجم متوازي مستطيلات إذا كانت نتائج قياس أبعاده على النحو التالى:

البعد	الكمية المقاسة (cm)	الكمية الحقيقية (cm)
الطول (x)	4.3	4.4
العرض (y)	3.3	3.5
الارتفاع (z)	2.8	3

الحل:

أولًا: حساب الخطأ النسبى:

حساب الخطأ النسبى فى قياس الطول

$$r_1 = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{|4.4 - 4.3|}{4.4} = 0.023$$

حساب الخطأ النسبى فى قياس العرض

$$r_2 = \frac{\Delta y}{y_0} = \frac{|3.5 - 3.3|}{3.5} = 0.057$$

حساب الخطأ النسبى فى قياس الارتفاع

$$r_3 = \frac{\Delta z}{z_0} = \frac{|3 - 2.8|}{3} = 0.067$$

حساب الخطأ النسبى فى قياس الحجم

$$r = r_1 + r_2 + r_3 = 0.023 + 0.057 + 0.067 = 0.147$$

ثانيًا: حساب الخطأ المطلق:

حساب الحجم الحقيقى لمتوازى المستطيلات (V_0)

$$V_0 = x_0\, y_0\, z_0 = 4.4 \times 3.5 \times 3 = 46.2\ cm^3$$

$$r = \frac{\Delta V}{V_0}$$

$$\Delta V = r\, V_0$$

$$\Delta V = 0.147 \times 46.2 = 6.79\ cm^3$$

الأنشطة والتدريبات

الفصل الأول

القياس الفيزيائى

الأمان والسلامة :

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تقيس الأطوال بدقة.
- تتعرف أدوات قياس الأطوال.

المهارات المرجو اكتسابها :

- مهارة القياس.
- مهارة استخدام القدمة ذات الورنية ($\frac{1}{100}$ من السنتيمتر).

المواد والأدوات :

مسطرة مترية - شريط مترى - القدمة ذات الورنية - شريحة زجاجية - قلم رصاص.

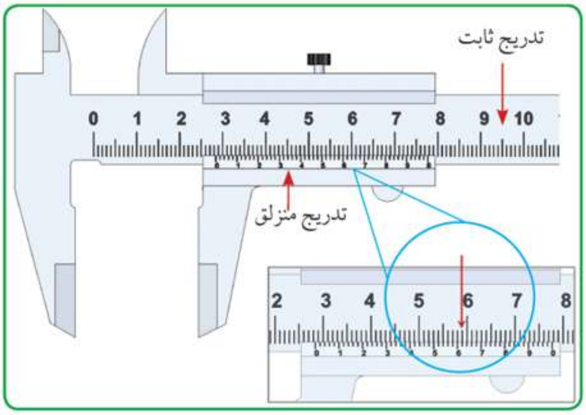
أولاً - التجارب العملية

قياس الأطوال:

فكرة التجربة:

يحتاج الإنسان إلى قياس أطوال مختلفة، بعضها كبير مثل طول سور حديقة، وبعضها صغير مثل سمك لوح معدنى رقيق؛ لذلك تستخدم أدوات قياس مختلفة تناسب كل حالة.

قياس الأطوال باستخدام القدمة ذات الورنية:



تتكون القدمة ذات الورنية من تدريج منزلق (ورنية) يتحرك بمحاذاة تدريج آخر ثابت، ويقسم تدريج الورنية إلى عدة أقسام قيمة كل قسم أصغر قليلاً من قيمة القسم على التدريج الثابت.

حيث إن: القسم الواحد على التدريج الثابت = $1\ mm$ ، (الوحدة mm تعنى ميلليمتر)، بينما القسم الواحد على التدريج المنزلق = $0.9\ mm$ ، وبالتالى فإن القسم على التدريج المنزلق (الورنية) يقل بمقدار $0.1\ mm$ عن نظيره الثابت، ولذلك تحسب قراءة الورنية بضرب عدد الأقسام فى ($0.1\ mm$).

خطوات العمل:

١ يوضع الجسم بين فكى القدمة، ويضغط عليه ضغطًا خفيفًا.

٢ نقرأ التدريج الرئيسى الذى يسبق صفر الورنية، وليكن $28\ mm$

٣ نبحث عن الخط بالورنية الذى ينطبق على قسم من أقسام التدريج الثابت، وليكن الخط السادس؛ لذلك نضيف ($6 \times 0.1 = 0.6\ mm$) إلى القراءة السابقة، فيصبح الطول المقاس:

$$28\ mm + 0.6\ mm = 28.6\ mm$$

قياس أطوال مختلفة:

١ لمعرفة طول جسم ما لابد أولًا من تحديد أداة القياس المناسبة لقياس هذا الطول.

ضع علامة (✔) أمام أداة القياس المناسبة لقياس الأطوال التالية:

الطول المراد قياسه	أداة القياس		
	القدمة ذات الورنية	المسطرة	الشريط المترى
طول غرفة الفصل	....	....	....
عرض الكتاب	....	....	....
سمك شريحة زجاجية	....	....	....
قطر القلم الرصاص	....	....	....

٢ بعد تحديد أداة القياس المناسبة يمكنك الآن استخدمها فى إجراء عملية القياس، ويفضل تكرار القياس عدة مرات وحساب المتوسط، وذلك لتحقيق الدقة فى القياس.

النتائج:

الطول المراد قياسه	نتائج القياس			
	القياس الأول	القياس الثانى	القياس الثالث	المتوسط
طول غرفة الفصل	....	....	....	....
عرض الكتاب	....	....	....	....
سمك شريحة زجاجية	....	....	....	....
قطر القلم الرصاص	....	....	....	....

الأمان والسلامة :

نواتج التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تعين مساحة الدائرة.
- تعين المساحة الجانبية للأسطوانة.
- تعين المساحة الكلية لجسم أسطوانى.

المهارات المرجو اكتسابها :

- الدقة فى القياس.
- تناول الأدوات.

المواد والأدوات :

علبة أسطوانية الشكل - ورق مقوى - مقص - ورق مربعات - مسطرة.

(٢) قياس مساحة الأسطوانة:

فكرة التجربة:

الأسطوانة هى عبارة عن مجسم له قاعدتان متوازيتان ومتطابقتان، كل منهما عبارة عن سطح دائرة، أما السطح الجانبى فهو عبارة عن سطح منحنٍ يسمى سطح أسطوانى.

كيفية حساب مساحة الأسطوانة:

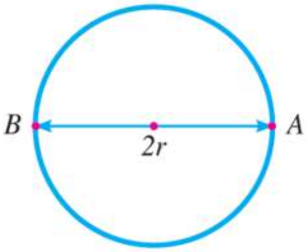
إذا فرضنا أن نصف قطر قاعدة الأسطوانة هو (r)، وارتفاعها (h) فإن:

- مساحة القاعدة = πr^2
- المساحة الجانبية = محيط القاعدة × الارتفاع = $2\pi rh$

نصف القطر (r)
الارتفاع (h)

(أ) تعيين مساحة قاعدة الأسطوانة.

خطوات العمل:



١. ضع قاعدة الأسطوانة على ورقة المربعات، ثم حدد مكانها على الورقة بقلم رصاص بالدوران حول محيطها.
٢. ارفع الأسطوانة، ثم عين قطر قاعدة الأسطوانة ($2r$) باستخدام المسطرة المترية.
٣. احسب نصف القطر (r)، ثم احسب مساحة الدائرة (πr^2)، فتكون هى مساحة قاعدة الأسطوانة.

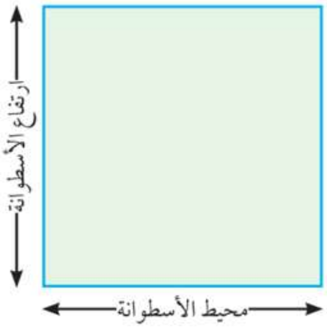
(ب) تعيين المساحة الجانبية للأسطوانة:

خطوات العمل:

١. قس ارتفاع الأسطوانة، وليكن (h).
٢. احسب محيط القاعدة من العلاقة: المحيط = $2\pi r$
٣. المساحة الجانبية = $2\pi r \times h$

(جـ) حساب المساحة الجانبية بطريقة أخرى.

خطوات العمل:



(١) لف الورق المقوى حول الأسطوانة لفة واحدة بدون أى زيادة.

(٢) افرد الورق المقوى الذى لف الأسطوانة، فتحصل على مستطيل عرضه يمثل محيط الأسطوانة، وارتفاعه يمثل ارتفاع الأسطوانة.

(٣) قس طول هذا المحيط.

(٤) اضرب طول المحيط × الارتفاع ، فتحصل على قيمة المساحة الجانبية للأسطوانة.

النتائج:

(١) طول القطر BA = ... = $2r$

(٢) طول نصف القطر = ... = r

(٣) طول المحيط = ... = $2\pi r$

تحليل النتائج:

(١) مساحة القاعدة = ... = πr^2

(٢) ارتفاع الأسطوانة = ... = h

(٣) المساحة الجانبية = ... = $h \times 2\pi r$

(٤) المساحة الكلية = $2\pi r^2 + 2\pi rh$ = ...

ثانيًا - الأنشطة التقويمية

(١) اكتب بحثًا مدعمًا بالصور التوضيحية عن بعض أدوات القياس فى المراحل التاريخية المختلفة، بحيث يتضمن البحث معلومات عن: التركيب - أساس العمل - كيفية الاستعمال.

(٢) صمم ونفذ ميزان ذى كفتين باستخدام مواد من خامات البيئة، مثل: خيط ، علبتين معدنيتين ، ساق خشبية ، مسامير.

(٣) صمم ساعة رملية باستخدام مواد من خامات البيئة مثل: كمية من الرمل ، زجاجتين مناسبتين ، شريط لاصق، ساعة إيقاف.

(٤) باستخدام شبكة المعلومات أو أى مصدر معلومات متاح لك، ابحث فى كيفية إجراء عمليات قياس غير تقليدية، مثل تعيين: بعد القمر عن الأرض، ومحيط الكرة الأرضية، وكتلة الكرة الأرضية، وكتلة الإلكترون.

ثالثًا - الأسئلة والتدريبات

١ ما الفرق بين الكمية الفيزيائية الأساسية والكمية الفيزيائية المشتقة؟

....

....

٢ اكتب القراءة الآتية مستخدمًا الصيغة المعيارية فى كتابة الأعداد:

أ كتلة الفيل تعادل $5000\ kg$

....

ب سرعة الضوء فى الفراغ تساوى تقريبًا $c = 300000000\ m/s$

....

٣ عرف كلًّا من: معيار الطول ، معيار الكتلة ، معيار الزمن.

....

....

٤ أكمل الجدول التالى:

الكمية الفيزيائية	وحدة القياس	معادلة الأبعاد
السرعة	....	....
....	m/s^2	....
....	....	MLT^{-2}
الكثافة	....	....

٥ إذا علمت أن: الشغل = $\frac{1}{2}mv^2$ ، استنتج معادلة أبعاد الشغل.

....

....

٦ اذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام المسطرة المترية لقياس طول جسم ما.

....

....

٧ عبر عن المقادير التالية حسب الوحدة الموضحة أمام كل منها مستخدمًا الصيغة المعيارية فى كتابة الأعداد.

أ mg بالكيلو جرام.

....

ب 3×10^{-9} s بالمللى ثانية.

....

جـ 88 km بالمتر.

....

(٨) إذا كان قطر شعرة رأس الإنسان فى حدود 0.05 mm. فاحسب هذا القطر بالمتر.

....

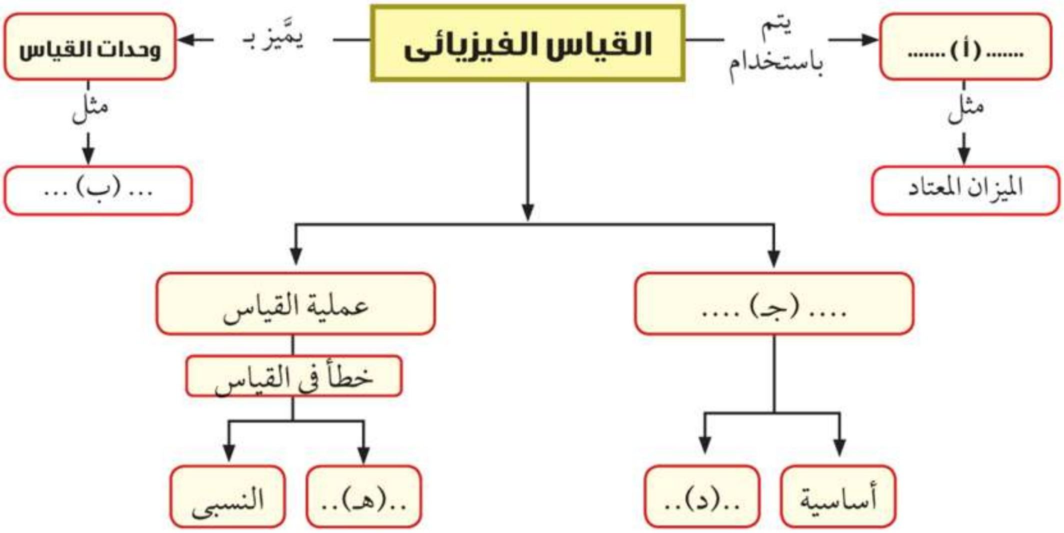
....

(٩) جسم كتلته 4.5 kg ± 0.1 kg يتحرك بسرعة 20 m/s ± 1 m/s احسب الخطأ فى قياس كمية تحرك الجسم (كمية التحرك = الكتلة× السرعة).

....

....

(١٠) أكمل خريطة المفاهيم:


القياس الفيزيائى
يتم باستخدام
.... (أ) ....
مثل
الميزان المعتاد
يمَّيز بـ
وحدات القياس
مثل
... (ب) ...
.... (جـ) ....
أساسية
..(د)..
عملية القياس
خطأ فى القياس
..(هـ)..
النسبى

(١١) حل الكلمات المتقاطعة التالية:

أفقيًا:

(١) كتلة أسطوانة من سبيكة البلاتين إيريديوم ذات أبعاد محددة محفوظة فى المكتب الدولى للقياس.

(٢) كمية لا تعرف بدلالة كميات فيزيائية أخرى.

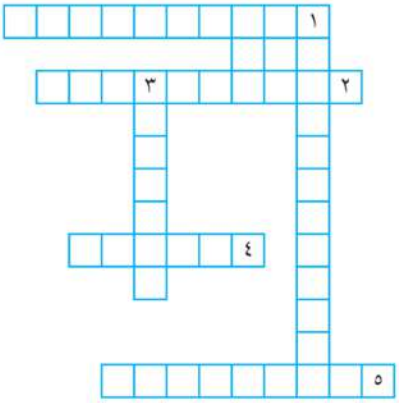
(٤) عملية مقارنة كمية مجهولة بكمية أخرى من نوعها لمعرفة عدد مرات احتواء الأولى على الثانية.

(٥) كمية فيزيائية تعرف بدلالة الكميات الفيزيائية الأساسية.

رأسيًا:

(١) المسافة بين علامتين محفورتين عند نهايتى ساق من سبيكة البلاتين - إيريديوم محفوظة عند درجة صفر سيليزيوس.

(٣) $\frac{1}{86400}$ من اليوم الشمسى المتوسط.



الفصل الثانى

الكميات القياسية والكميات المتجهة

Scalar quantities & Vector quantities

نواتج التعلم المتوقعة:

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تفرق بين الكمية القياسية والكمية المتجهة.
- تتعرف الضرب القياسى للكميات المتجهة.
- تتعرف الضرب الاتجاهى للكميات المتجهة.

مصطلحات الفصل:

كمية قياسية	*Scalar quantity*
كمية متجهة	*Vector quantity*
المسافة	*Distance*
الإزاحة	*Displacement*
الضرب القياسى	*Scalar Product (Dot Product)*
الضرب الاتجاهى	*Vector Product (Cross Product)*

مصادر التعلم الألكترونية:

- **موقع إلكترونى:**

الكميات القياسية والكميات المتجهة.

http://www.engaswan.com/t5695-topic

إذا ذكرنا أن جسمًا درجة حرارته ($37^\circ C$) فهذه معلومة كاملة، لكن إذا ذكرنا أن سيارة تتحرك بسرعة ($50\ km/h$) فنحن ذكرنا المقدار ووحدة القياس ويبقى التساؤل: فى أى اتجاه تتحرك السيارة؟ هل إلى الشرق أم إلى الغرب أم فى أى أتجاه؟

عندئذ يمكن كتابة سرعة السيارة بصورة كاملة ($50\ km/h$ شرقًا) وبهذا يكون قد تم تحديد المقدار والاتجاه معا ليكتمل المعنى فالسرعة لذلك كمية متجهة.

شكل (١١) : درجة الحرارة تعرف بمقدارها فقط

شكل (١٢) : السرعة تعرف بمقدارها واتجاهها

بناءً على ما سبق يمكن تصنيف الكميات الفيزيائية إلى:

أ) **كمية قياسية:** وهى كمية فيزيائية تعرف تمامًا بمقدارها فقط وليس لها اتجاه. مثل: المسافة، الكتلة، الزمن، درجة الحرارة، الطاقة ...

ب) **كمية متجهة:** وهى كمية فيزيائية تعرف تمامًا بمقدارها واتجاهها معا. مثل: الإزاحة، السرعة، العجلة، القوة ...

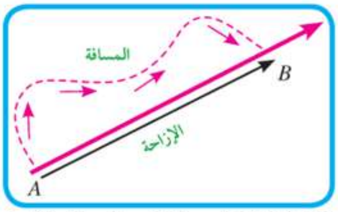
عرض تفاعلى على موقع الكتاب

الفرق بين الكمية القياسية والكمية المتجهة.

١- الفرق بين المسافة والإزاحة Distance and Displacement

تعرف المسافة بأنها طول المسار المقطوع أثناء الحركة من موضع إلى آخر، وتعتبر المسافة كمية قياسية يلزم معرفة مقدارها فقط.

ويبين الرابط المقابل مفهوم الإزاحة :

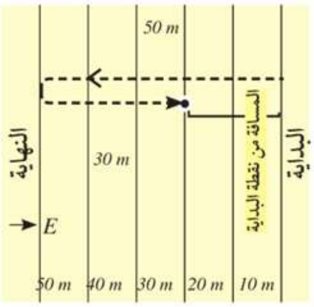


شكل (١٣) : توضيح الفرق بين المسافة والإزاحة

"الإزاحة هى المسافة المستقيمة فى اتجاه معين من نقطة بداية إلى نقطة نهاية".

مثال محلول

تحرك عدَّاء إزاحة مقدارها ($50\ m$) غربًا ثم تحرك فى عكس الاتجاه إزاحة مقدارها ($30\ m$)شرقًا، احسب المسافة والإزاحة التى قطعها هذا العدَّاء.



شكل (١٤) : مسار حركة العداء

الحل:

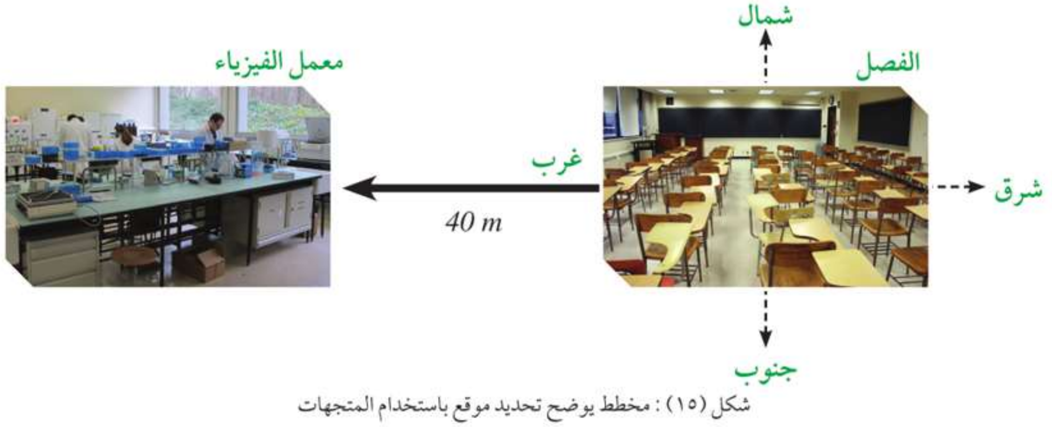
أولا: المسافة المقطوعة : $s = 50 + 30 = 80\ m$

ثانيا: الإزاحة المقطوعة : $d = +50 - 30 = +20\ m$

حيث اعتبرنا الإزاحة إلى الغرب موجبة والإزاحة إلى الشرق سالبة وتبين النتيجة أن الجسم حدث له فى النهاية إزاحة مقدارها ($20\ m$) فى اتجاه الغرب.

٢- تمثيل الكميات المتجهة: Representing vector quantities

إذا طلب منك المعلم تحديد موقع معمل الفيزياء بالنسبة لموقع فصلك، فإنك ستقول مثلًا بأن المعمل يقع على بعد ($40\ m$) غربًا من الفصل، وتسمى هذه الكمية متجه الموقع لمعمل الفيزياء.



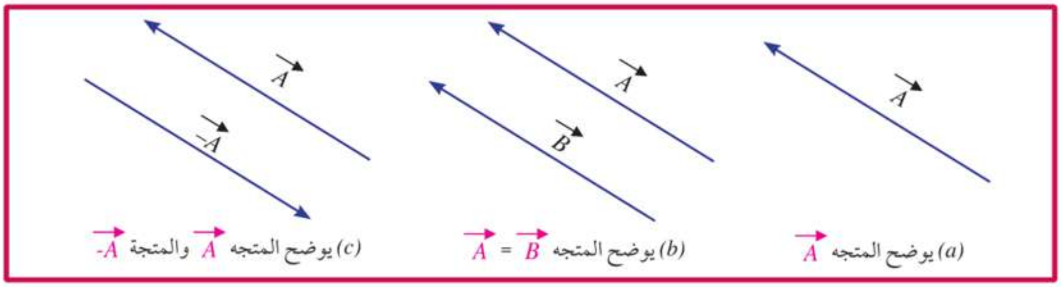
شكل (١٥) : مخطط يوضح تحديد موقع باستخدام المتجهات

من خلال المثال السابق تم تمثيل المتجه بقطعة مستقيمة موجهة طولها يتناسب مع قيمة المتجه، وتبدأ من نقطة البداية وتشير نحو نقطة النهاية، ويرمز عادة للمتجه بحرف داكن (**A**) أو بحرف عادي وفوقه سهم صغير ($\overrightarrow{A}$).

التمثيل البياني للمتجهات:

يتم تمثيل المتجهات برسم قطعة مستقيمة موجهة بمقياس رسم مناسب، بحيث:

- يمثل طول القطعة المستقيمة الموجهة مقدار الكمية المتجهة.
- يمثل اتجاه القطعة المستقيمة الموجهة اتجاه الكمية المتجهة.



(a) يوضح المتجه $\vec{A}$

(b) يوضح المتجه $\vec{A} = \vec{B}$

(c) يوضح المتجه $\vec{A}$ والمتجة $-\vec{A}$

شكل (١٦) التمثيل البيانى للمتجهات.

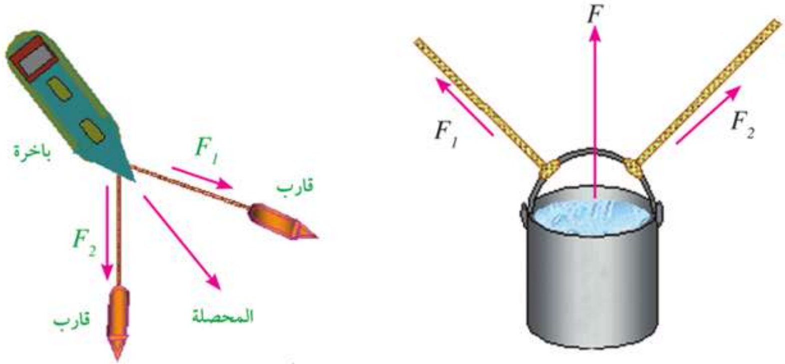
بعض أساسيات جبر المتجهات:

١ نعتبر أن المتجهين متساويان إذا تساويا فى المقدار وكان لهما نفس الاتجاه وإن اختلفت نقطة البداية لكل منهما.

٢ المتجه $\vec{A}$ هو متجه قيمته العددية تساوى القيمة العددية للمتجه $-\vec{A}$ ولكن فى عكس اتجاهه. ماذا يحدث إذا ضربنا المتجه فى (-1) ؟

محصلة (جمع) المتجهات:

عندما تؤثر قوتان أو أكثر على جسم ما، ففى أى اتجاه تتوقع أن يتحرك الجسم؟ وما مقدار القوة التى تحركه؟



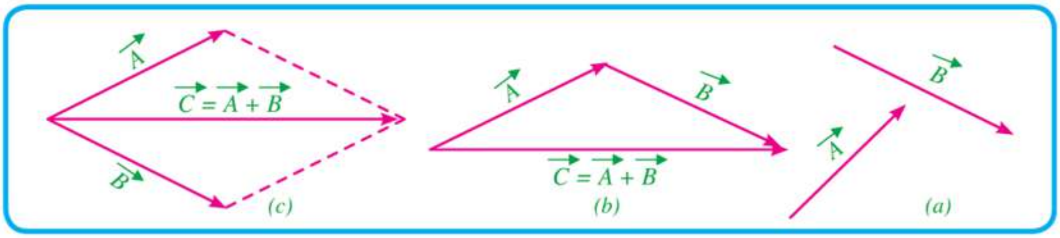
شكل (١٧) : القوة المحصلة من تأثير قوتين

تسمى القوة التى تؤثر على جسم نتيجة تأثير عدة قوى بمحصلة القوى، ويحدد اتجاهها بالاتجاه الذى يتحرك فيه الجسم.

القوة المحصلة: هى قوة وحيدة تحدث فى الجسم الأثر نفسه الذى تحدثه القوى الأصلية المؤثرة عليه.

وبصورة عامة فإن جمع متجهين يتم بطريقتين:

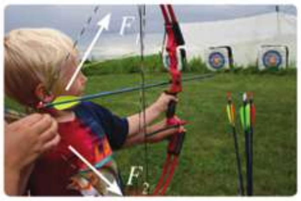
- برسم المثلث كما فى (شكل ١٨ b).
- برسم متوازى أضلاع يكون فيه A و B ضلعين متجاورين فيكون القطر ممثلًا لمحصلة المتجهين، كما فى (شكل ١٨ c).

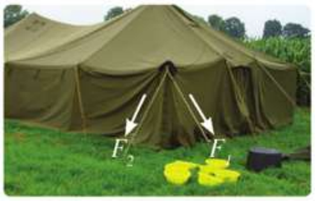


شكل (١٨) : جمع المتجهات

تطبيقات حياتية

حدد اتجاه محصلة القوتين F_1 و F_2 فى كل صورة بفرض تساوى القوتين، وإذا علمت أن هناك قوة ثالثة مساوية فى المقدار للقوة المحصلة ومضادة لها فى الاتجاه تؤثر على نفس الجسم، هل يتحرك الجسم فى كل صورة؟ ولماذا؟





مثال محلول

أوجد محصلة قوتين إحداهما فى اتجاه محور(x) وهى ($F_x = 4\ N$) والأخرى فى اتجاه محور (y) هى ($F_y = 3\ N$)كما هو مبين بالرسم.

الحل:

نكمل متوازى الأضلاع فنحصل على مستطيل لأن القوتين متعامدتان. ثم نصل القطر فيمثل المحصلة F كما هو مبين.

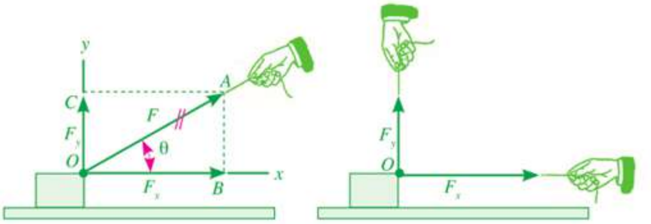
بتطبيق نظرية فيثاغورس نجد أن المحصلة F يمكن إيجاد القيمة العددية لها من العلاقة:

$$F^2 = F_x^{\,2} + F_y^{\,2} = 16 + 9 = 25$$

$$\therefore F = \sqrt{F_x^{\,2} + F_y^{\,2}} = \sqrt{25} = 5\ N$$

$$\tan\theta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore \theta = 36.87^\circ$$

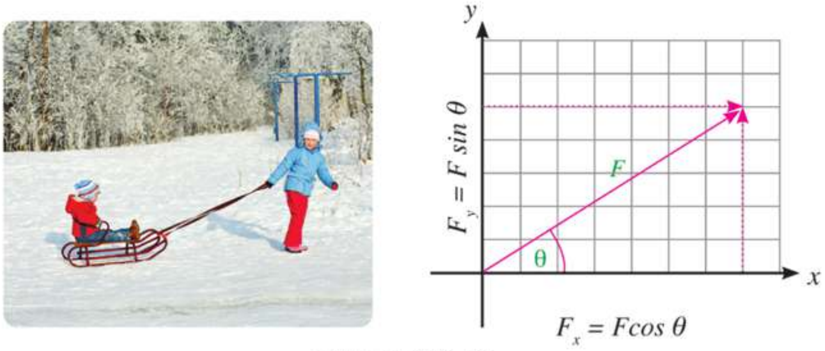


(إيجاد محصلة قوتين)

تحليل المتجه:

يعتبر تحليل المتجه هو العملية العكسية لجمع المتجهات، ففى الشكل التالى طفلة تجر أخرى بواسطة حبل فى اتجاه يصنع زاوية(θ) مع الأفقى، ويمكن تحليل القوة (F) إلى قوتين متعامدتين على محوري (x ، y) وبالتالى:

$$F_x = F\cos\theta \qquad F_y = F\sin\theta$$



شكل (١٩) : تحليل القوة

٣- ضرب المتجهات Product of vectors

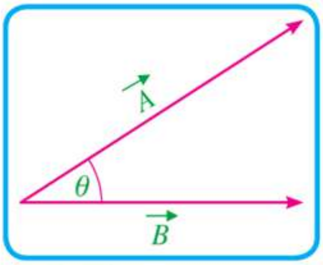
توجد صور مختلفة لضرب المتجهات منها:

أولا: الضرب القياسى

حاصل الضرب القياسى بين متجهين $\vec{A}$ ، $\vec{B}$ يساوى:

$$\vec{A}\cdot\vec{B} = A\,B\cos\theta$$

ويكون الناتج كمية قياسية تساوى حاصل ضرب القيمة العددية للأول (A) فى القيمة العددية للثانى (B) فى جيب تمام الزاوية بين المتجهين ($\cos\theta$). وتسمى النقطة بين المتجهين *dot*.



شكل (٢٠) : المتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$

ثانيا: الضرب الاتجاهى

الضرب الاتجاهى بين متجهين $\vec{A}$ ، $\vec{B}$ يساوى:

$$\vec{C} = \vec{A}\wedge\vec{B} = AB\sin\theta\,\vec{n}$$

أى يساوى حاصل ضرب القيمة العددية للمتجه الأول (A) فى القيمة العددية للمتجة الثانى (B) فى جيب الزاوية بينهما ($\sin\theta$) فى $\vec{n}$.

حيث: $\vec{n}$ وحدة متجهات فى اتجاه عمودي على المستوى الذى يشمل المتجهين $\vec{B}$ و $\vec{A}$

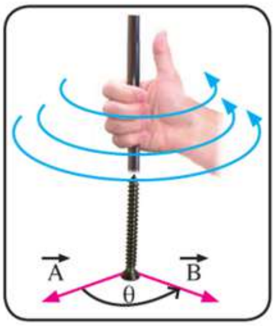
ومعنى ذلك أن المتجه $\vec{C}$ الناتج يكون فى اتجاه $\vec{n}$ العمودى على المستوى الذى يجمع المتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$

وتسمى العلامة (^) بين المتجهين *Cross* . ويحدد اتجاه $\vec{C}$ بقاعدة تسمى **"قاعدة اليد اليمنى"** شكل (٢١)، وذلك بتحريك أصابع اليد اليمنى من المتجه الأول نحو المتجه الثانى عبر الزاوية الأصغر بينهما،

فيكون الإبهام مشيرًا لاتجاه حاصل الضرب الاتجاهى لهما.

ويلاحظ أنه فى حالة الضرب الاتجاهى يكون:

- θ تقع بين $\vec{A}$ ، $\vec{B}$
- $\vec{A} \wedge \vec{B} \neq \vec{B} \wedge \vec{A}$
- $\vec{A} \wedge \vec{B} = -\vec{B} \wedge \vec{A}$



شكل (٢١) : طريقة تحديد اتجاه حاصل الضرب الاتجاهى «قاعدة اليد اليمنى

مثال محلول

إذا كانت القيمة العددية للمتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ هى: $B = 10$ $A = 5$

أوجد قيمة كلٍّ من: أولًا: $\vec{A} \cdot \vec{B}$ ثانيًا: $\vec{A} \wedge \vec{B}$

علما بأن الزاوية بينهما تساوى 60°

$\sin 60 = 0.866$ $\cos 60 = 0.5$

الحل:

أولًا:

$$\therefore \vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta$$

$$\therefore \vec{A} \cdot \vec{B} = 5 \times 10 \times 0.5 = 25$$

ثانيًا:

$$\vec{C} = \vec{A} \wedge \vec{B} = AB \sin \theta \ \vec{n} = (5 \times 10 \times 0.866) \ \vec{n}$$

$$\vec{C} = 43.3 \ \vec{n}$$

حيث $\vec{C}$ متجة القيمة العددية تساوى 43.3 فى الاتجاه $\vec{n}$ العمودى على المستوى الذى يشمل المتجهان $\vec{A}$ و $\vec{B}$

زيارة ميدانية:

تعتبر مصلحة الدمغة والموازين إحدى بيوت الخبرة فى جمهورية مصر العربية بالنسبة لإجراء المعاينة والمعايرة القانونية لأجهزة وآلات وأدوات الوزن والقياس والكيل، كما تختص بعمليات الرقابة والتفتيش، ويوجد لها (54) فرع فى كافة محافظات الجمهورية، قم بزيارة ميدانية لفرع المصلحة الموجود فى محافظتك. كما يمكنك زيارة المعهد القومي للمعايير والقياس بمحافظة الجيزة والذي يقوم بتطوير المعايير القومية للقياسات الفيزيقية والعمل على استمرار مطابقتها للمعايير الدولية.

الأنشطة والتدريبات

الفصل الثانى

الكميات القياسية والكميات المتجهة

الأمان والسلامة :

نواتج التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- توجد محصلة قوتين متعامدتين.

المهارات المرجو اكتسابها :

- مهارة استخدام الأدوات الهندسية.
- رسم محصلة قوتين وإيجاد قيمتها.

المواد والأدوات :

ورقة مربعات - فرجار - منقلة - مسطرة مدرجة.

أولاً - التجارب العملية:

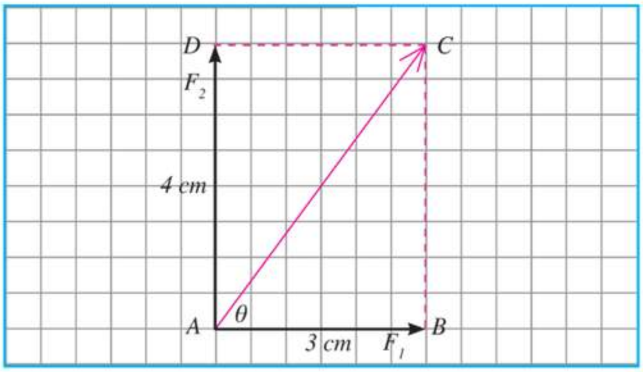
إيجاد محصلة قوتين:

أوجد محصلة القوتين المتعامدتين

$F_1 = 3\ N$

$F_2 = 4\ N$

خطوات العمل:



١ ارسم على ورقة المربعات خطًّا أفقيًّا (AB) طوله ($3\ cm$) يمثل القوة الأولى.

٢ ارسم فى اتجاه عمودى على الخط الأول من النقطة (A) خطًّا (AD) على ورقة المربعات طوله ($4\ cm$) يمثل القوة الثانية.

٣ أكمل المستطيل.

٤ صل القطر (AC)، فيمثل المحصلة مقدارًا واتجاهًا.

٥ قس طول المستقيم (AC)، فيمثل مقدار المحصلة.

٦ قس قيمة الزاوية (BAC) التى تحدد اتجاه المحصلة بالنسبة للقوة الأولى (F_1).

٧ احسب قيمة المحصلة من علاقات المثلث قائم الزاوية ، حيث $(AC^2 = AB^2 + BC^2)$

$$F^2 = F_1^2 + F_2^2$$

٨ قارن النتيجتين لمحصلة القوتين.

ثانيًا - الأنشطة التقويمية

١ صمم ألبوم صور يوضِّح تأثير عدة قوى على أجسام مختلفة، وتعاون مع زملائك في تحديد اتجاه القوى المحصلة في كل صورة.

٢ اكتب قائمة بالكميات القياسية وأخرى بالكميات المتجهة شائعة الاستخدام في حياتنا اليومية.

٣ اكتب بحثًا عن أهمية علم الرياضيات في دراسة الفيزياء مستشهدًا بموضوع الضرب القياسي والضرب الاتجاهي.

ما القوى المؤثرة على هذا الكائن؟

ثالثًا - الأسئلة والتدريبات

١ ما الفرق بين الكمية القياسية والكمية المتجهة؟

....

....

٢ ما المقصود بأن إزاحة السيارة $(500\ m)$ شمالًا؟

....

....

٣ احسب حاصل الضرب القياسي، والاتجاهي لمتجهين $AB = 8\ N$, $AD = 6\ N$ والزاوية بينهما $(\theta = 45^\circ)$

....

....

٤ استعن بالمسطرة والمنقلة لإيجاد محصلة متجهين يخرجان من نقطة واحدة، مقدار الأول (3cm) ومقدار الآخر (4cm) والزاوية بين اتجاهيهما (115°)

....

....

....

....

....

....

٥ متى يكون المجموع الاتجاهى لعدة متجهات مساويًا للصفر؟

....

....

....

٦ متى يكون حاصل طرح متجهين مساويًا للصفر؟

....

....

....

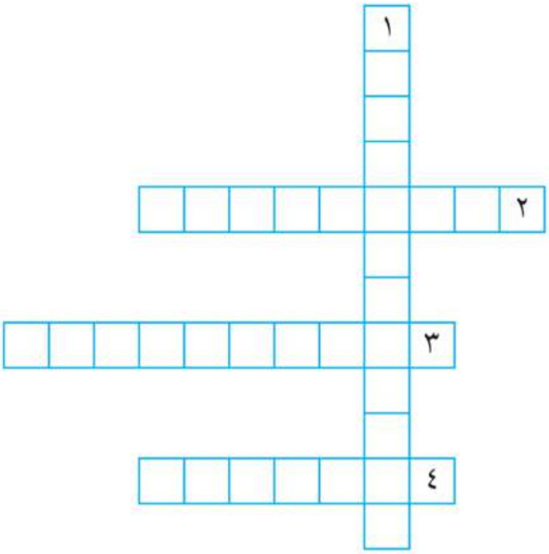
٧ متى يكون حاصل الضرب القياسى لمتجهين مساويًا للصفر؟

....

....

....

٨ أكمل الكلمات المتقاطعة:



افقيًا

(٢) كمية فيزيائية تعرف تمامًا بمقدارها واتجاهها معًا.

(٣) كمية فيزيائية تعرف تمامًا بمقدارها فقط.

(٤) المسافة المستقيمة فى اتجاه معين من نقطة بداية إلى نقطة نهاية.

رأسيًا

(١) قوة وحيدة تحدث فى الجسم الأثر نفسه الذى تحدثه القوة الأصلية المؤثرة عليه.

تدريبات عامة على الباب الأول

اسئلة تقويمية:

١ تخير الإجابة الصحيحة مما يأتى:

أ الكمية المشتقة فيما يلى هى : ....

(الطول – الكتلة – الزمن – السرعة)

ب فى النظام الدولى يتخذ الأمبير وحدة أساسية لقياس: ....

(شدة التيار الكهربى – الشحنة الكهربية – الطول – شدة الإضاءة)

جـ معادلة أبعاد العجلة هى: ....

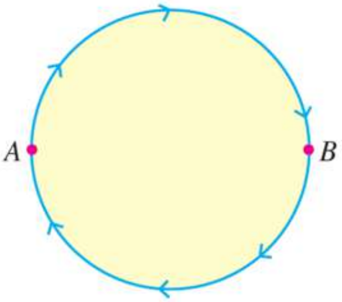
$$(LT - LT^{-1} - LT^{-2} - L^{2}T^{-1})$$

٢ **اكتب معادلة أبعاد كل من:** القوة – الشغل – الضغط (يساوى القوة على المساحة).

٣ **اكتب القراءات الآتية مستخدمًا الصيغة المعيارية فى كتابة الأعداد.:**

أ نصف قطر الكرة الأرضية = $6000000m$

ب نصف قطر ذرة الهيدروجين = $0.00000000005m$



٤ ما الفرق بين مفهوم المسافة ومفهوم الإزاحة؟ وضح بمثال.

٥ احسب المسافة والإزاحة عندما يتحرك جسم على محيط دائرة نصف قطرها $(7m)$ من (A) إلى (B) ، وما مقدار الإزاحة والمسافة عندما يعود مرة أخرى إلى (A).

٦ **أوجد محصلة القوتين المتعامدتين $(F_1 \ .F_2)$ مقدارًا واتجاهًا (علمًا بأنهما يخرجان من نقطة واحدة):**

$$F_1 = 8\ N$$

$$F_2 = 6\ N$$

وضح الإجابة برسم المتجهات.

٧ مكعب طول ضلعه $(5\ cm)$ أوجد الخطأ النسبى فى تقدير حجمه إذا علمت أن الخطأ النسبى فى تقدير الطول كان (0.01)، وأوجد أيضًا قيمة الخطأ المطلق فى هذه الحالة.

٨ اذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام المسطرة المترية لقياس طول جسم ما.

٩ فى امتحان مادة الفيزياء ، كتب طالب المعادلة التالية:

(السرعة بوحدات m/s) = (العجلة بوحدات m/s^2) × (الزمن بوحدات s) استخدم معادلة الأبعاد لإثبات صحة هذه العلاقة.

١٠ وضع أينشتاين معادلته الشهيرة $E = mc^2$ حيث (c) سرعة الضوء و (m) الكتلة. استخدم هذه المعادلة لاستنتاج وحدات النظام الدولى SI للمقدار (E).

١١ مستعينًا بمعادلات الأبعاد للكميات الفيزيائية ، أثبت صحة العلاقة: $v_f^2 = v_i^2 + 2ad$

حيث (d) الإزاحة التى يقطعها جسم متحرك بسرعة ابتدائية (v_i) وعجلة منتظمة (a)حتى يصل إلى سرعة نهائية v_f

١٢ $\overrightarrow{A}$ ، $\overrightarrow{B}$ متجهان الزاوية بينهما 120°. مقدار ($\overrightarrow{A}$) يساوى (3) وحدات، ومقدار ($\overrightarrow{B}$) يساوى (5) وحدات أوجد:

أ حاصل الضرب القياسى لهما.

ب حاصل الضرب الاتجاهى لهما.

١٣ نصف قطر كوكب Saturn يساوى 5.85×10^7m وكتلته 5.68×10^{26}kg

أ احسب كثافة مادة الكوكب بوحدات g/cm^3.

ب احسب مساحة سطح الكوكب بوحدات m^2 (مساحة السطح = $4\pi r^2$)

١٤ سفينة تمر فى اتجاه الشمال بسرعة 12 km /h ، لكنها تنحرف نحو الغرب بتأثير المد والجزر بسرعة قدرها 15 km /h . احسب مقدار واتجاه السرعة المحصلة للسفينة.

١٥ راكب دراجة بخارية ينطلق نحو الشمال بسرعة 80 km /h ، بينما تهب الرياح فى اتجاه الغرب بسرعة قدرها 50 km /h. احسب سرعة الرياح الظاهرية كما يلاحظها راكب الدراجة.

١٦ اذا كان $x = (5 \pm 0.1)$ cm ، $y = (10 \pm 0.2)$ cm احسب كل من:

أ $x + y$

ب $2x + y$

جـ xy

د xy^2

ملخص الباب

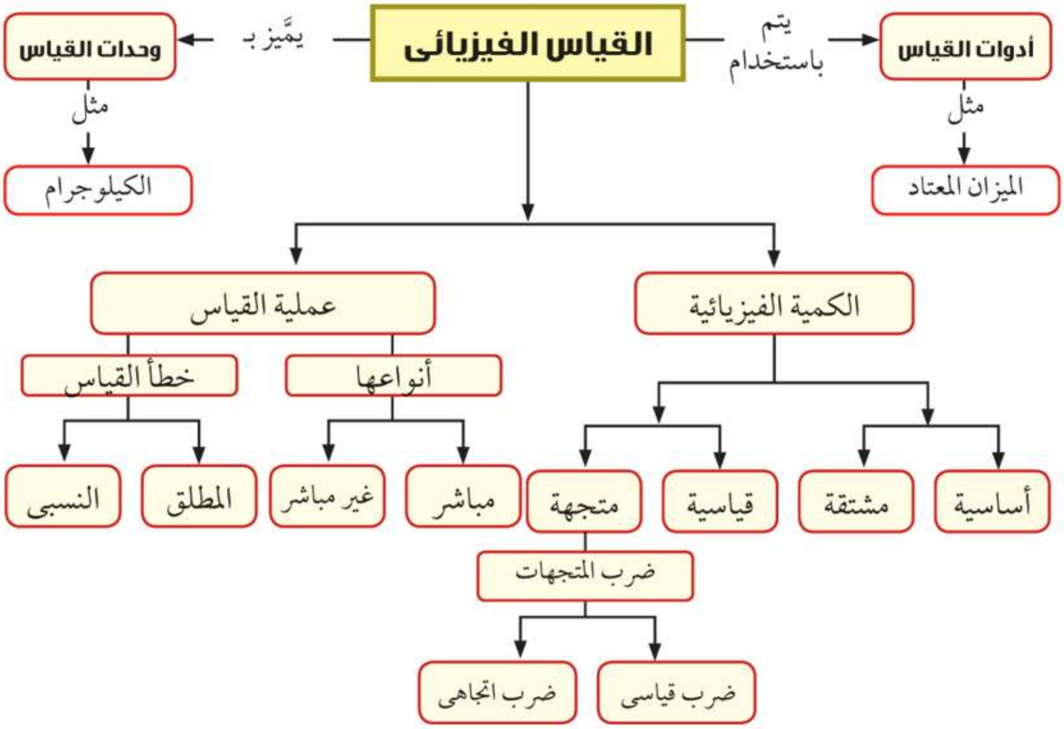
أولًا: المفاهيم الرئيسة:

- **عملية القياس:** هى مقارنة مقدار كمية فيزيائية بكمية أخرى من نفس النوع لمعرفة عدد مرات احتواء الكمية الأولى على الثانية.
- **الخطأ المطلق:** هو الفرق بين القيمة الحقيقية والقيمة المقاسة.
- **الخطأ النسبى:** هو النسبة بين الخطأ المطلق والقيمة الحقيقية للكمية الفيزيائية المقاسة.
- **الكمية القياسية:** هى كمية تعرف بمقدارها فقط مثل المسافة والزمن ودرجة الحرارة.
- **الكمية المتجهة:** هى كمية تعرف بمقدارها واتجاهها معا مثل الإزاحة والسرعة والعجلة والقوة.

ثانيًا: العلاقات الرئيسة:

- **الضرب القياسى:** $\vec{A} \cdot \vec{B} = A\,B\cos\theta$ حيث θ الزاوية بين المتجهين.
- **الضرب الاتجاهى:** $\vec{A} \wedge \vec{B} = AB\sin\theta\,\vec{n}$ ، حيث $\vec{n}$ وحدة متجهات فى اتجاه عمودى على المستوى الذى يجمع $\vec{A}$ و $\vec{B}$

خريطة الباب


القياس الفيزيائى
يتم باستخدام
أدوات القياس
مثل
الميزان المعتاد
يمّيز بـ
وحدات القياس
مثل
الكيلوجرام
الكمية الفيزيائية
أساسية
مشتقة
قياسية
متجهة
ضرب المتجهات
ضرب قياسى
ضرب اتجاهى
عملية القياس
أنواعها
مباشر
غير مباشر
خطأ القياس
المطلق
النسبى

الباب الثانى

الحركة الخطية

Linear Motion

فصول الباب

الفصل الأول : الحركة فى خط مستقيم

الفصل الثاني : الحركة بعجلة منتظمة

الفصل الثالث : القوة والحركة

مقدمة الباب

من المهم فى حياتنا اليومية ونحن نتابع الأجسام المتحركة بدءا من الدراجات والسيارات والطائرات ... أن نفهم كيف تتحرك ، وما الذى يسيطر عليها؟ وكيف يمكن الاستفادة من كل ذلك؟

لهذا سيركز هذا الباب على دراسة حركة الأجسام وكيفية التحكم فيها، فندرس المفاهيم الأساسية المرتبطة بالحركة فى خط مستقيم ومعادلات الحركة بعجلة منتظمة، والسقوط الحر، وحركة المقذوفات، كما نستعرض قوانين نيوتن للحركة وبعض تطبيقاتها.

أهداف الباب

فى نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تضع تعريفًا لمفهوم الحركة فى خط مستقيم (الحركة المستقيمة).
- تتعرف أنواع الحركة.
- ترسم وتفسر الأشكال البيانية التى توضح العلاقة بين الإزاحة والزمن - السرعة والزمن.
- تفرق بين أنواع السرعات المختلفة وتقارن بينها.
- تستنتج معادلات الحركة بعجلة منتظمة.
- تستقصى وتفسر وتحلل الأشكال البيانية المختلفة والمتعلقة بالحركة الخطية.
- تتعرف حركة الأجسام بالسقوط الحر.
- تستنتج الحركة فى بعدين مثل: حركة المقذوفات.
- تصمم تجربة لتعيين عجلة الجاذبية الأرضية.
- تطبق العلاقة بين القوة والكتلة والعجلة.
- تفسر ظاهرة الفعل ورد الفعل.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- التطبيق.

الجوانب الوجدانية المتضمنة

- تقدير جهود كل من جاليليو ونيوتن فى اكتشاف قوانين الحركة.
- الوعى بخطورة حركة السيارات بسرعات كبيرة.
- تقدير دور العلم وتطبيقاته فى تطور وسائل النقل المختلفة ودراسة حركتها.

الفصل الأول

الحركة فى خط مستقيم

Motion in a Straight Line

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تضع تعريفًا لمفهوم الحركة فى خط مستقيم.
- تشرح أنواع الحركة.
- ترسم وتفسر الأشكال البيانية التى توضح العلاقة بين الإزاحة والزمن - السرعة والزمن.
- تفرق بين أنواع السرعات المختلفة وتقارن بينها.
- تستقصي وتفسر وتحلل الأشكال البيانية المختلفة والمتعلقة بالحركة الخطية.

مصطلحات الفصل :

الحركة	*Motion*
السرعة العددية	*Speed*
السرعة المتجهة	*Velocity*
السرعة المنتظمة	*Uniform velocity*
السرعة اللحظية	*Instantaneous velocity*
العجلة	*Acceleration*

مصادر التعلم الإلكترونية:

- **فيلم تعليمى:** حساب السرعة من العلاقة بين (الإزاحة -الزمن).

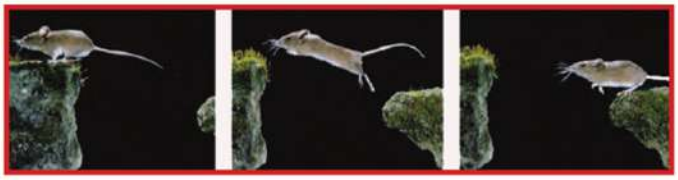
http://www.youtube.com/watch?v=SkWFD_F5jd4

إذا تأملنا الأجسام من حولنا، فسنجد أن بعضها ثابت وبعضها متحرك، ومن الضروري ونحن نتابع حركة الأجسام المختلفة أن نفهم ونصف تلك الحركة، ففى حالة غياب طرق لوصف الحركة وتحليلها يتحول السفر بواسطة السفن، والقطارات، والطائرات إلى فوضى فالأزمنة والسرعات هى التى تحدد جداول مواعيد انطلاق ووصول وسائل النقل على اختلافها، وبناء على ما سبق نحاول فى هذا الفصل التعرف على مفهوم الحركة والكميات الفيزيائية اللازمة لوصفها.

شكل(١) : ما تأثير دراسة الحركة على وسائل النقل المختلفة؟

١- الحركة Motion

يوضح الشكل التالى شريطًا سينمائيًا يحدد مواضع فأر خلال فترات زمنية متساوية، هل الفأر متحرك أم ساكن؟



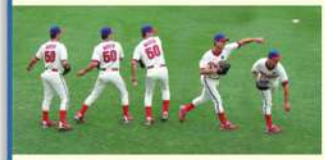
شكل (٢) : يتغير موضع الفأر بمرور الزمن

الحركة هى التغير الحادث فى موضع الجسم بمرور الزمن بالنسبة لموضع جسم آخر، فعندما يتغير موضع جسم خلال فترة من الزمن يكون الجسم قد تحرك، وإذا كانت الحركة فى اتجاه واحد، أى تأخذ مسارًا مستقيمًا سميت الحركة عندئذ بالحركة فى خط مستقيم وهى تمثل أبسط أنواع الحركة.

شكل (٣) : حركة القطار تعد مثالا للحركة فى خط مستقيم ففى كثير من المناطق لا تغير قضبان السكة الحديد اتجاهها لمسافات طويلة

أضف إلى معلوماتك

مخطط الحركة: يمكن تمثيل حركة جسم بالتقاط سلسلة من الصور المتتابعة له فى فترات زمنية متساوية، ويمكن تجميع هذه الصور فى صورة واحدة تسمى بـ "مخطط الحركة".



أنواع الحركة:

يمكن تصنيف الحركة إلى نوعين رئيسيين، هما: الحركة الانتقالية، والحركة الدورية.

شكل (٤) : االحركة الانتقالية

شكل (٥) : الحركة الدورية

- **الحركة الانتقالية:** هى حركة تتميز بوجود نقطة بداية ونقطة نهاية مثل: الحركة فى خط مستقيم وحركة المقذوفات وحركة وسائل المواصلات.
- **الحركة الدورية:** هى حركة تكرر نفسها على فترات زمنية متساوية، مثل: الحركة فى دائرة والحركة الاهتزازية .

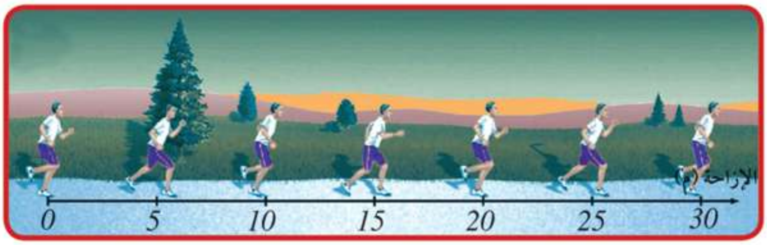
تنمية عمليات العلم

صنف حركة الأجسام التالية إلى انتقالية ودورية:
- حركة بندول الساعة.
- حركة المقذوفات.
- حركة القطارات.
- حركة فرع الشوكة الرنانة.

٢- السرعة Velocity

تتحرك الأجسام من حولنا فنصف بعضها بأنه بطيء وبعضها الآخر بأنه سريع، إلا أن هذه الأوصاف لا تكون دقيقة من الناحية العلمية، فلوصف حركة جسم لابد من تقديرها بصورة كمية، من خلال مفهوم "السرعة".

للتعرف على معنى "السرعة" ادرس مخطط الحركة التالى لحساب الإزاحة التى يقطعها الرياضى فى الثانية الواحدة.



شكل (٦) : مخطط يوضح حركة رياضى

من دراسة هذا المخطط يمكن رصد العلاقة بين الإزاحة والزمن فى الجدول التالى:

الزمن (s)	0	1	2	3	4	5	6
الإزاحة (m)	0	5	10	15	20	25	30

ومن الجدول يمكن أن نتوصل إلى أن هذا الشخص يقطع إزاحة مقدارها (5 m) كل ثانية، ويعرف هذا المقدار بالسرعة (v) ، والتى تحسب من العلاقة:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{التغير فى الإزاحة}}{\text{زمن التغير}} \quad , \quad v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

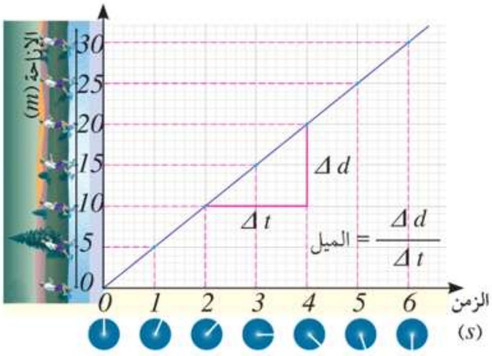
وبتطبيق هذه العلاقة على المثال السابق تحسب السرعة على النحو التالى:

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{10 - 5}{2 - 1} = \frac{5}{1} = 5\ m/s$$

السرعة: **هى الإزاحة التى يقطعها الجسم فى الثانية الواحدة، أو هى المعدل الزمني للتغير فى الإزاحة، وتقاس السرعة بوحدة متر / ثانية (*m/s*) أو كيلومتر / ساعة (*km/h*).**

تمثيل العلاقة بين الإزاحة والزمن بيانيًا:

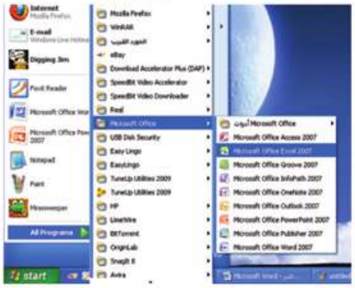
يمكن تمثيل العلاقة بين الإزاحة (على المحور الرأسى) والزمن (على المحور الأفقى) على النحو التالى:



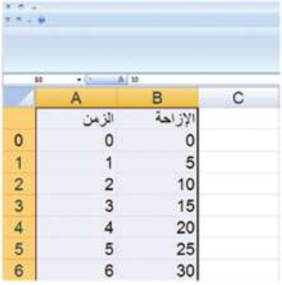
- ارسم خطًا رأسيًا يمر بالنقطة (*1s*) على محور الزمن.
- ارسم خطًا أفقيًا يمر بالنقطة (*5 m*) على محور الإزاحة.
- حدِّد نقطة تقاطع الخط الرأسى مع الخط الأفقى.
- كرر الخطوات السابقة مع باقى نقاط الزمن والإزاحة.
- ارسم أفضل خط مستقيم يمر بنقاط التقاطع.
- حدد السرعة بحساب ميل الخط المستقيم (*slope*)

مصادر التعلم الإلكترونية:

تمثيل العلاقة بين الإزاحة والزمن باستخدام الحاسب الآلى:

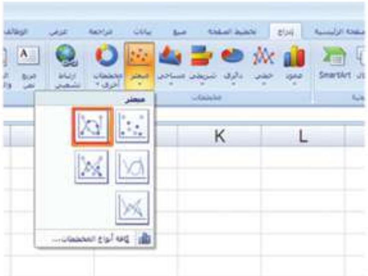

start
All Programs
Microsoft Office
Microsoft Office Excel 2007

(١) افتح برنامج الإكسل *excel* ثم اختر أمر إدراج مخطط.

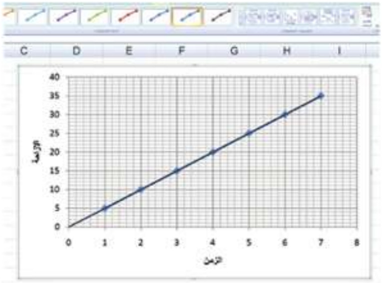


	A	B	C
	الزمن	الإزاحة	
0	0	0	
1	1	5	
2	2	10	
3	3	15	
4	4	20	
5	5	25	
6	6	30	

(٢) أدخل بيانات الزمن فى العمود الأول، ثم بيانات الإزاحة فى العمود الثانى ثم قم بتظليل البيانات.


إدراج
مبعثر
K
L

(٣) اختر أمر إدراج ثم حدد نوع الرسم البيانى المظلل باللون الأحمر.

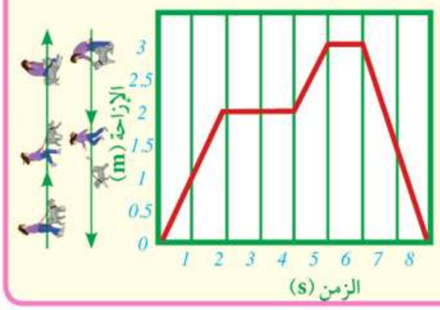


(٤) يظهر لك الشكل النهائي للرسم البيانى، ومنه احسب السرعة بحساب الميل.

ركن التفكير:

يعبر الشكل البيانى عن حركة فتاة بداية من منزلها حتى عودتها مرة أخرى، ادرس الشكل ثم أجب عن الأسئلة التالية:

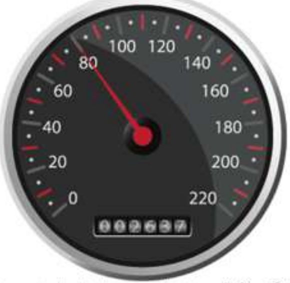
- متى توقفت الفتاة؟
- ما أكبر سرعة تحركت بها الفتاة؟
- لماذا تكون سرعة عودتها سالبة؟
- ما الفرق بين الإزاحة والمسافة التى تقطعهما الفتاة؟



أنواع السرعة:

(أ) السرعة العددية والسرعة المتجهة Speed & Velocity:

عندما تركب السيارة يمكنك أن تلاحظ وجود عداد أمام السائق يتحرك مؤشره يمينًا ويسارًا، ويحدِّد هذا العداد مقدار سرعة السيارة (مثلًا 80 *km/h*) ولا يفيدنا بأي شيء فى تحديد اتجاه حركتها. ويسمى هذا المقدار بالسرعة العددية (*Speed*).


0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220

شكل (٧) : هل يقيس عداد السيارة سرعة عددية أم متجهة؟ ولماذا؟

وعندما نقول إن سيارة تسير بسرعة 80 km/h، يعد هذا وصفًا ناقصًا، إذ لم نعلم فى أى اتجاه تسير السيارة. وحتى يتم وصف سرعة السيارة وصفًا كاملًا، علينا أن نحدد اتجاه حركتها، كأن نقول إن السيارة المذكورة تسير بسرعة 80 km/h نحو الشرق، وتسمى السرعة فى هذه الحالة بالسرعة المتجهة (*Velocity*).

وجه المقارنة	السرعة العددية	السرعة المتجهة
التعريف	هى المسافة التى يقطعها الجسم فى وحدة الزمن.	هى الإزاحة التى يقطعها الجسم فى وحدة الزمن.
نوع الكمية	قياسية: تحدد بالمقدار فقط.	متجهة: تحدد بالمقدار والاتجاه.
الإشارة	دائما تكون موجبة.	تكون موجبة إذا تحرك الجسم فى اتجاه معين وسالبة إذا تحرك فى عكس هذا الاتجاه.

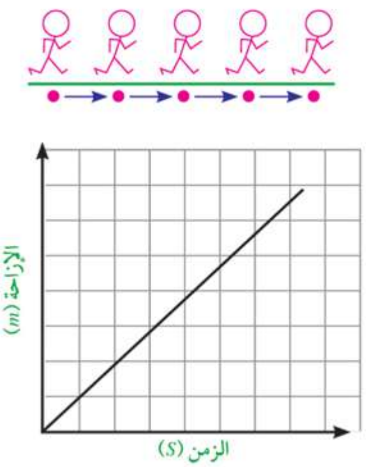
وتجدر الإشارة إلى أن مصطلح "السرعة" الذى سيتم استخدامه فيما يلى (من نصوص ومسائل ومعادلات حركة) يقصد به السرعة المتجهة، وليس السرعة العددية وذلك لأن السرعة المتجهة هى التى تصف حركة الجسم وصفًا تامًا.

(ب) السرعة المنتظمة والسرعة المتغيرة Uniform Velocity and Variable Velocity

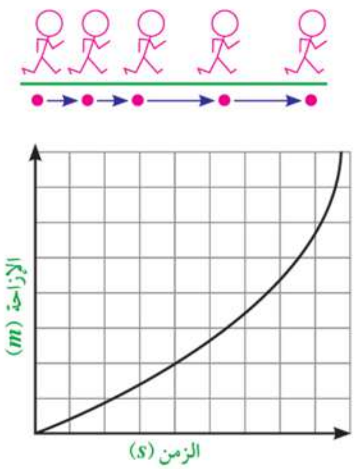
عندما يتحرك عداء بسرعة منتظمة فإن الإزاحة بين المواقع تكون متساوية فى الأزمنة المتساوية، أما إذا تحرك بسرعة غير منتظمة فإن الإزاحة بين المواقع تكون غير متساوية فى الأزمنة المتساوية.

السرعة المنتظمة: هى السرعة التى يقطع فيها الجسم إزاحات متساوية فى أزمنة متساوية، ويكون الجسم متحركًا بمقدار ثابت وفى خط مستقيم (اتجاه ثابت).

السرعة المتغيرة: هى السرعة التى يقطع فيها الجسم إزاحات غير متساوية فى أزمنة متساوية، وتكون السرعة متغيرة فى المقدار أو الاتجاه.



شكل (٨) : الحركة بسرعة منتظمة

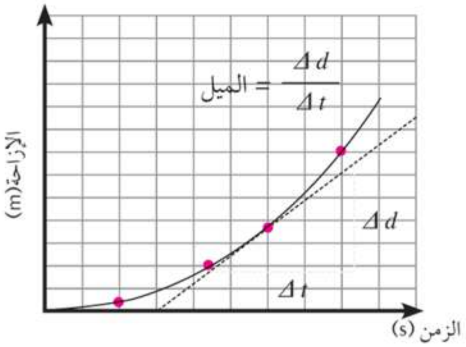


شكل (٩) : الحركة بسرعة متغيرة

(جـ) السرعة اللحظية والسرعة المتوسطة Instantaneous Velocity & Average Velocity

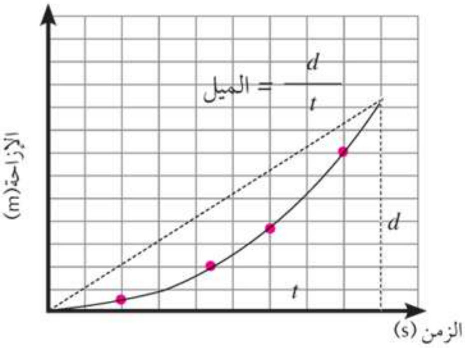
إذا تأملنا حركة سيارة على طريق فإننا نلاحظ أن سرعتها ليست ثابتة، ولكنها تتغير بحسب أحوال الطريق، فهي تتزايد حينًا ، وتتناقص حينًا آخر ، ولا تبقى ثابتة القيمة، ولفهم حركة هذه السيارة لابد أن نميز بين سرعتها اللحظية وسرعتها المتوسطة.

السرعة اللحظية (v): هى سرعة الجسم عند لحظة معينة، ويمكن الاستدلال على قيمتها من قراءة مؤشر عداد سرعة السيارة فى لحظة ما، ولتعيين سرعة السيارة عند لحظة ما يتم رسم مماس للمنحنى عند النقطة التى تقابل هذه اللحظة ويكون ميل المماس هو سرعة السيارة اللحظية.



$$\text{السرعة اللحظية } (v) = \frac{\text{التغير فى الإزاحة } (\Delta d)}{\text{زمن التغير } (\Delta t)}$$

السرعة المتوسطة ($\overline{v}$): هى الإزاحة من نقطة البداية إلى نقطة النهاية مقسومة على الزمن الكلى، ويمكن تعيين السرعة المتوسطة عن طريق إيجاد ميل الخط الواصل بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها.



$$\text{السرعة المتوسطة } (\overline{v}) = \frac{\text{الإزاحة الكلية } (d)}{\text{الزمن الكلى } (t)}$$

تصويب التصورات الخطأ:

من التصورات الخطأ الأكثر شيوعًا الخلط بين مصطلح السرعة المتوسطة *Average velocity* وهى كمية متجهة، ومصطلح السرعة العددية المتوسطة *average speed* وهى كمية قياسية، حيث أن:

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{الإزاحة الكلية}}{\text{الزمن الكلى}}$$

$$\text{السرعة العددية المتوسطة} = \frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{الزمن الكلى}}$$

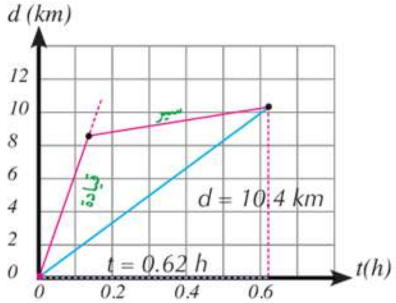
إدارة الوقت:

- ضع هدفًا لكل عمل تقوم به، وحدد ماذا تريد أن تحقق ولماذا وتفحص أهدافك هل هى واقعية أم لا؟
- صمم جدولك الخاص اليومى أو الأسبوعى الذى يتيح لك معرفة الأنشطة التى عليك أن تنجزها خلال وقت محدد، و احمل مفكرة صغيرة تسجل فيها مواعيد قيامك بالأنشطة والواجبات المختلفة.

أمثلة محلولة

(تعيين السرعة التى يتحرك بها الجسم)

١ قاد شخص سيارة فى خط مستقيم فقطع($8.4\ km$) فى زمن قدره ($0.12\ h$) ، ثم نفذ منه وقود السيارة فتركها ومشى فى نفس الخط المستقيم لأقرب محطة وقود وقطع($2\ km$) فى زمن قدره($0.5\ h$) احسب سرعته المتوسطة من بداية الحركة حتى نهايتها.



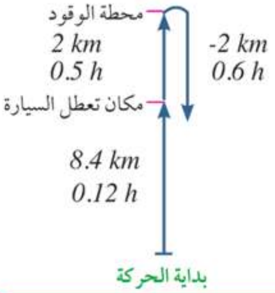
الحل:

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{الإزاحة الكلية } (d)}{\text{الزمن الكلى } (t)}$$

$$\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{8.4 + 2}{0.12 + 0.5} = \frac{10.4}{0.62} = 16.8\ km/h$$

كما يمكن التوصل إلى نفس النتيجة بإيجاد ميل الخط البيانى الواصل بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها كما يتضح بالرسم.

٢ إذا افترضنا أن الشخص فى المثال السابق عاد مرة أخرى فى زمن قدره $0.6\ h$ احسب السرعة المتوسطة للحركة منذ بدايتها حتى عودته إلى السيارة مرة أخرى.



الحل: عندما يعود الشخص إلى السيارة مرة أخرى فإن إزاحته تصبح ($8.4\ km$) كما بالرسم.

$$\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{8.4}{0.12 + 0.5 + 0.6} = \frac{8.4}{1.22} = 6.88\ km/h$$

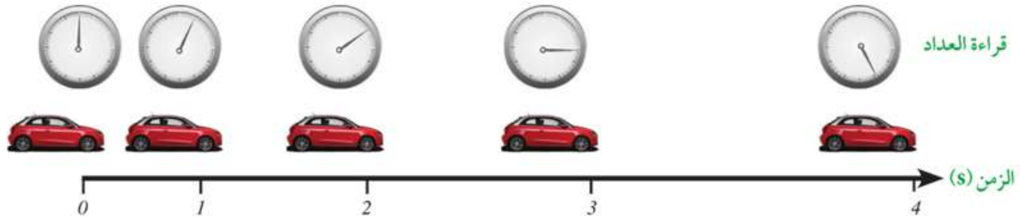
٣- العجلة Acceleration

ناقشنا فيما سبق مفهوم السرعة المتغيرة (المقدار أو الاتجاه أو الاثنين معا)، وتسمى الحركة التى يحدث فيها تغير فى السرعة بمرور الزمن بالحركة المعجلة، وتسمى الكمية الفيزيائية التى تعبر عن التغير فى السرعة بالنسبة إلى الزمن بالعجلة (a).

فى بداية الحركة تتزايد السرعة — فى المنحنيات يتغير اتجاه السرعة — فى نهاية الحركة تتناقص السرعة

شكل (١٠) يستخدم مصطلح العجلة لوصف كيفية تغير السرعة خلال الزمن

وللتعرف على مفهوم العجلة ادرس مخطط الحركة التالى الذى يوضح قراءة عداد السرعة لسيارة تنطلق من السكون لتزداد سرعتها فى أثناء سيرها على طريق مستقيم.



هل تعلم؟

يمكن تحويل قراءة عداد السيارة من وحدة km/h إلى وحدة m/s من العلاقة:

$$\therefore 1\ km/h = \frac{1\ km}{h} = \frac{1000\ m}{60 \times 60\ s} = \frac{5}{18}\ m/s$$

ومن خلال دراسة هذا المخطط يمكن رصد العلاقة بين السرعة بوحدة (m/s) والزمن بوحدة (s) فى الجدول التالى:

الزمن (s)	0	1	2	3	4
السرعة (m/s)	0	5	10	15	20

ومن الجدول يمكن التوصل إلى أن سرعة السيارة تزداد بمعدل ثابت، حيث تزداد كل ثانية بمقدار $(5\ m/s)$، ويعبر هذا المقدار عن العجلة، والتى تحسب من العلاقة:

$$\text{العجلة} = \frac{\text{التغير فى السرعة}}{\text{زمن التغير}} = \frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن النهائى} - \text{الزمن الابتدائى}} \qquad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

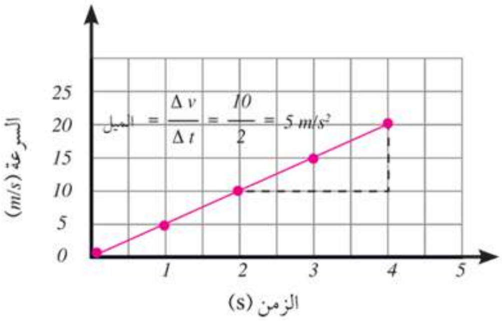
وبتطبيق هذه العلاقة على المثال السابق تحسب العجلة على النحو التالى:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 - 5}{2 - 1} = 5\ m/s^2$$

العجلة: **هى التغير فى سرعة الجسم خلال وحدة الزمن، أى هى المعدل الزمني للتغير فى السرعة ، وتقاس العجلة بوحدة متر / ثانية٢ (m/s^2) أو كيلومتر / ساعة٢ (km/h^2).**

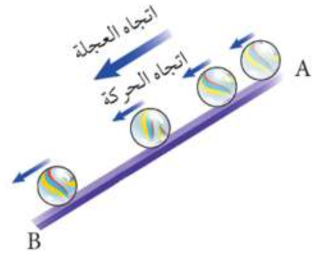
تمثيل العلاقة بين السرعة والزمن بيانيًا:

يعبر الرسم البيانى (السرعة - الزمن) عن حركة السيارة فى مخطط الحركة السابق، ويمكنك أن تلاحظ أن الرسم البيانى عبارة عن خط مستقيم، وهذا يعنى أن سرعة السيارة تتزايد بمعدل منتظم، ويمكن إيجاد العجلة بحساب ميل الخط المستقيم.

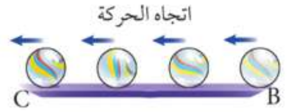


أنواع العجلة:

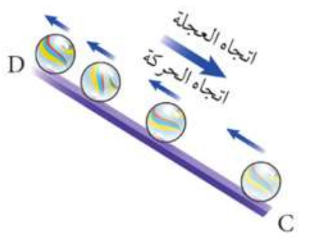
إذا اعتبرنا أن اتجاه سرعة الجسم هو الاتجاه الموجب فقد يتحرك هذا الجسم بعجلة موجبة (تكون السرعة تزايدية) أو عجلة سالبة (تكون السرعة تناقصية) أو عجلة تساوى صفرًا وللتعرف على أنواع العجلة ادرس مخطط الحركة التالى الذى يوضح حركة كرة صغيرة على سطح أملس متغير الميل.



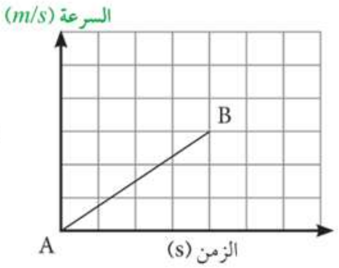
عندما تهبط الكرة المستوى المائل تزداد سرعتها بمرور الزمن، وبالتالى تكون العجلة موجبة.



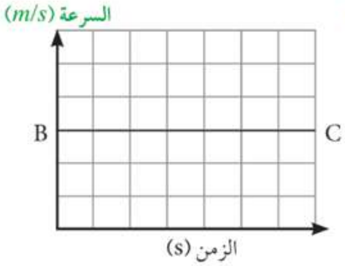
عندما تتحرك الكرة على مستوى أفقى أملس فإن سرعتها لا تتغير، وبالتالى تكون العجلة تساوى صفرًا.



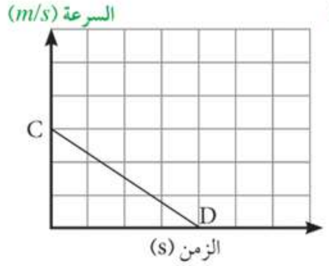
عندما تصعد الكرة المستوى المائل تقل سرعتها بمرور الزمن، وبالتالى تتحرك بعجلة سالبة.



عجلة موجبة



عجلة صفرية



عجلة سالبة

تطبيقات حياتية

- يوجد داخل كل سيارة ثلاث أدوات يمكن بواسطتها التحكم فى مقدار السرعة واتجاهها هى: دواسة البنزين لزيادة السرعة، ودواسة الفرامل لتقليل السرعة، عجلة القيادة لتغيير اتجاه الحركة.

الأنشطة والتدريبات

الفصل الأول

الحركة فى خط مستقيم

الأمان والسلامة :

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تعين السرعة المنتظمة التى يتحرك بها جسم.
- ترسم العلاقة البيانية بين المسافة والسرعة.

المهارات المرجو اكتسابها :

الملاحظة - القياس- الاستنتاج- العمل فى فريق - استخدام الأجهزة التكنولوجية.

المواد والأدوات :

سيارة لعبة تعمل بالبطارية، مسطرة مترية، كاميرا رقمية (أو كاميرا تليفون محمول)، حاسب آلى.

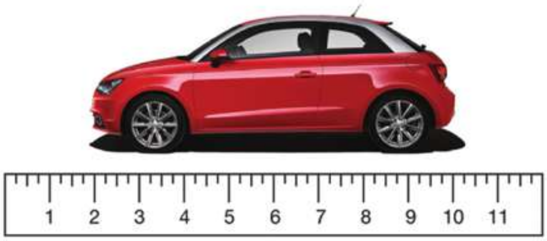
أولاً - التجارب العملية

(١) تعين السرعة التى يتحرك بها جسم:

فكرة التجربة:

عندما تتحرك سيارة لعبة تعمل بالبطارية على أرض ملساء فإنها تتحرك فى خط مستقيم بسرعة ثابتة، وإذا وضعنا مسطرة مترية بجوار مسار حركة السيارة، ثم قمنا بتصويرها بكاميرا رقمية، فإنه يمكن عرض هذا الفيلم لرصد العلاقة بين المسافة والزمن؛ وذلك لأن أى فيلم فيديو يحتوى على عداد للثواني لتحديد زمن الفيلم.

خطوات العمل:



١ ثبت مسطرة مترية بجوار المسار الذى ستسير فيه السيارة.

٢ اختر واحدًا من أعضاء مجموعتك لتشغيل الكاميرا.

٣ ضع السيارة عند خط البداية، ثم اتركها لكى تتحرك فى خط موازٍ للمسطرة.

٤ استعمل الكاميرا لتسجيل حركة السيارة.

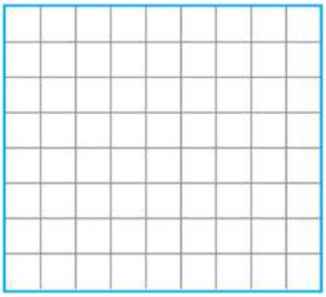
٥ هيئ الحاسب الآلى لعرض المشهد لقطة بعد أخرى بضغط زر الإيقاف كل (5) ثوانٍ.

٦ حدد موقع السيارة فى كل فترة زمنية بقراءة المسطرة المترية على شريط الفيديو، ودون ذلك فى جدول البيانات.

النتائج: دون النتائج فى الجدول التالى:

الزمن $t\,(s)$	المسافة $d\,(m)$
0	....
5	....
10	....
15	....
20	....

تحليل النتائج: من خلال النتائج التى تتوصل إليها فى الجدول، ارسم العلاقة البيانية بين الزمن (t) على المحور الأفقى ، والمسافة (d) على المحور الرأسى.



الاستنتاجات: من المعروف أن:

$$d = vt$$

وذلك فى حالة الحركة بسرعة منتظمة

أى أن:

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \text{الميل}$$

وبحساب الميل من الرسم البياني نجد أن السرعة = ...

أنشطة إثرائية: **صمم تجارب عملية للإجابة عن الأسئلة التالية:**

- ما تأثير نوع السطح الذى تتحرك عليه السيارة على حركتها؟
- كيف يمكن قياس سرعة شخص يتحرك بدراجة؟

ثانيًا : الأنشطة التقويمية

① صمم ألبوم صور إلكترونيًا أو ورقيًا عن الحركة فى الألعاب الرياضية والترفيهية المختلفة، مع تصنيف نوع الحركة فى كل صورة إلى حركة دورية أو حركة انتقالية.

② ناقش مشكلة المرور فى مصر مستعينًا بمجموعة من زملائك لطرح أكبر عدد ممكن من الحلول لتلك المشكلة.

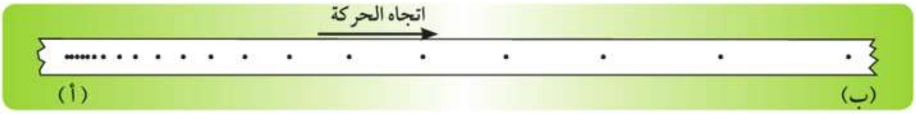
③ اكتب بحثًا عن تطور وسائل المواصلات عبر تاريخ الإنسان مع كتابة السرعة القصوى، التى يمكن أن تتحرك بها كل وسيلة من هذه الوسائل مدونًا ذلك فى جدول.

ثالثًا - الأسئلة والتدريبات

① احسب السرعة المتوسطة بوحدة (km/h) لمتسابق قطع مسافة (4000 m) خلال (30 min)، ثم احسب المسافة التى يقطعها بعد (45 min) من بدء السباق بالسرعة المتوسطة نفسها.

....

② قام طالب بإجراء تجربة لدراسة الحركة باستخدام عربة ميكانيكية وجرس توقيت، حيث حدد موقع العربة كل ثانية على شريط ورقى فحصل على الشريط المبين فى الشكل:



أ صف حركة العربة.

....

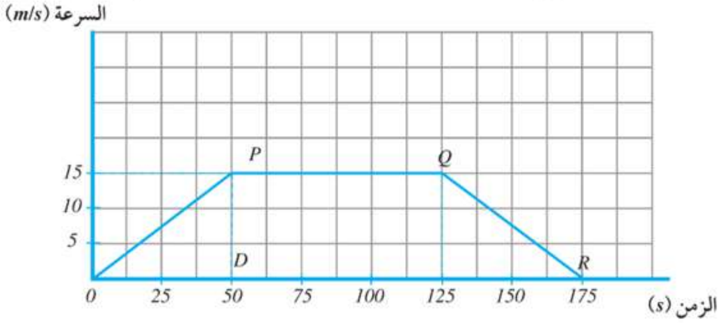
ب احسب السرعة المتوسطة إذا كانت الإزاحة المقطوعة من (أ) إلى (ب) تساوى (190 m).

....

ج احسب عجلة السيارة.

....

③ الشكل البيانى المقابل يوضح رحلة قامت بها سيارة، لاحظ الشكل، ثم أجب عن الأسئلة التالية:



أ ما أكبر سرعة وصلت لها السيارة؟

....

ب صف حركة السيارة فى الجزء PQ

....

ج صف حركة السيارة فى الجزء QR

....

د عند أى من النقاط P أو Q أو R تمثل أول المرحلة التى استخدمت فيها الفرامل.

....

هـ احسب المسافة الكلية المقطوعة خلال الرحلة.

....

٥ مثل النتائج الموضحة فى الجدول أدناه بيانيًا، ثم أوجد من الرسم كلًّا من العجلة والإزاحة بعد ($12s$).

الزمن (s)	0	6	9	12
السرعة (m/s)	8.1	36.9	51.3	65.7

٦ تتدحرج الكرة عند دفعها ، ثم تتباطأ وتتوقف، هل لسرعة الكرة وعجلتها الإشارة نفسها؟ ولماذا؟

....

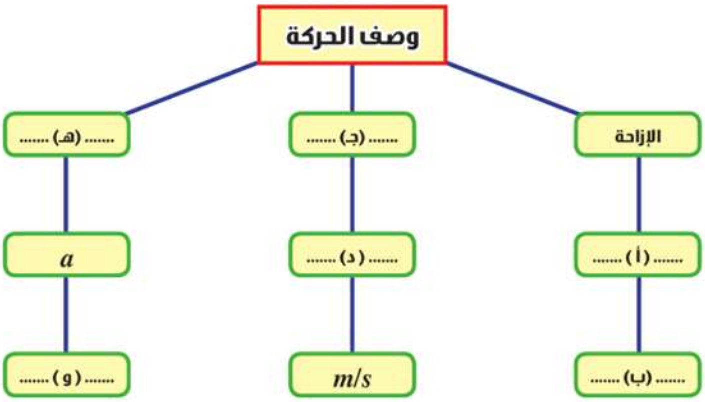
٧ إذا كانت عجلة الجسم تساوى صفرًا، فهل هذا يعنى أن سرعته تساوى صفرًا؟ أعط مثالًا.

....

٨ إذا كانت السرعة لجسم عند لحظة تساوى صفرًا، فهل من الضرورى أن عجلته تساوى صفرًا؟ أعط مثالًا.

....

٩ أكمل خريطة المفاهيم التالية:



٩ أكمل الكلمات المتقاطعة:

أفقيًا:

(١) حاصل قسمة الإزاحة الكلية على الزمن الكلى.

(٤) حركة تكرر نفسها على فترات زمنية متساوية.

(٥) حركة تتميز بوجود نقطة بداية ونقطة نهاية.

(٧) التغير فى سرعة الجسم خلال وحدة الزمن.

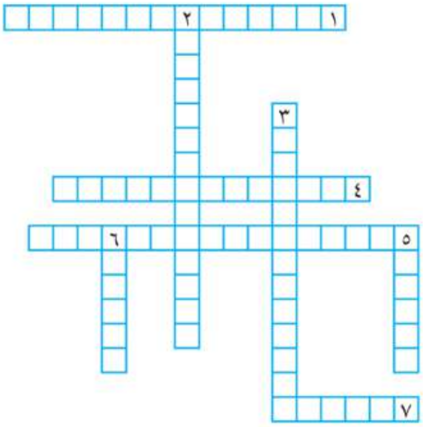
رأسيًا:

(٢) السرعة التى يقطع فيها الجسم إزاحات متساوية.

(٣) سرعة الجسم عند لحظة معينة.

(٥) التغير الحادث فى موضع الجسم بمرور الزمن.

(٦) الإزاحة التى يقطعها الجسم فى الثانية الواحدة.



الفصل الثانى

الحركة بعجلة منتظمة

Motion with Uniform Acceleration

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تستنتج معادلات الحركة بعجلة منتظمة.
- تتعرف حركة الأجسام بالسقوط الحر.
- تستنتج الحركة فى بعدين مثل حركة المقذوفات.
- تصمم تجربة لتعيين عجلة الجاذبية الأرضية.

مصطلحات الفصل :

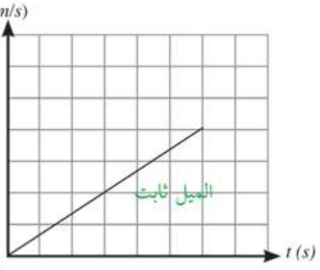
العجلة المنتظمة	*Uniform acceleration*
معادلات الحركة	*Equation of motion*
سقوط حر	*Free fall*
حركة قذيفة	*Projectile motion*

مصادر التعلم الإلكترونية :

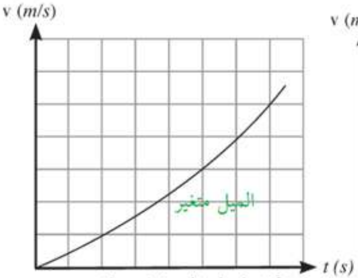
- **عرض تفاعلى:** سقوط جسمين من برج بيزا.

https://sites.google.com/site/physicsflash/home/air-drag

درست فى الفصل السابق أن العجلة هى التغير فى السرعة خلال وحدة الزمن، وقد تكون العجلة منتظمة (ثابتة) وقد تكون متغيرة.



شكل (١١) : الحركة بعجلة منتظمة



شكل (١٢) : الحركة بعجلة متغيرة

وتعتبر حركة جسم بعجلة منتظمة ذات أهمية خاصة، لأن الكثير من الحركات فى الطبيعة تتم بعجلة منتظمة؛ كسقوط الأجسام بالقرب من سطح الأرض، وكذلك حركة المقذوفات.

شكل(١٣) : حركة الماء المتساقط من قمة الشلال تكون بعجلة منتظمة

شكل(١٤) : حركة الرياضى عند القفز فى الهواء تكون بعجلة منتظمة

وإذا افترضنا أن جسمًا يتحرك فى خط مستقيم بعجلة منتظمة (a)، حيث بدأ الحركة بسرعة ابتدائية (v_i) ليقطع إزاحة (d) خلال زمن قدره (t) وأصبحت سرعته النهائية (v_f)، فإنه يمكن وصف حركة هذا الجسم بمعادلات تسمى معادلات الحركة وذلك على النحو التالى:

١- معادلة (السرعة – الزمن) (velocity - time) equation

سبق أن علمنا أن العجلة (a) تحسب من العلاقة:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

وبالتالى يمكن إيجاد التغير فى السرعة ($v_f - v_i$) بضرب طرفى المعادلة فى (t):

$$v_f - v_i = at$$

أى أن:

$$\boxed{v_f = v_i + at} \qquad ①$$

وهذه هى المعادلة الأولى للحركة، والتى تعني أن: السرعة النهائية = السرعة الابتدائية (v_i) + التغير فى السرعة(at).

ركن التفكير:

باستخدام معادلة الحركة الأولى قارن بين قيمة العجلة التى يتحرك بها أسرع حيوان بري فى العالم وأسرع سيارة فى العالم.

شكل (١٥) : يستطيع الفهد أن يغير سرعته من (صفر) إلى ($110\ km/h$) خلال ($3s$)

شكل (١٦) : تستطيع سيارة بوجاتي فيرون أن تغير سرعتها من (صفر) إلى ($100\ km/h$) خلال($2.4s$)

٢- معادلة (الإزاحة – الزمن) (Displacement - time) equation

يمكن حساب السرعة المتوسطة ($\overline{v}$) التى يتحرك بها الجسم باستخدام العلاقة:

$$\overline{v} = \frac{d}{t}$$

ونظرًا لأن الجسم يتحرك بعجلة منتظمة فإنه يمكن حساب السرعة المتوسطة من العلاقة:

$$\overline{v} = \frac{v_f + v_i}{2}$$

من المعادلتين السابقتين يكون:

$$\frac{d}{t} = \frac{v_f + v_i}{2}$$

بالتعويض عن (v_f) من المعادلة الأولى للحركة:

$$\therefore \frac{d}{t} = \frac{(v_i + at) + v_i}{2} = \frac{2v_i + at}{2} = v_i + \frac{1}{2}at$$

وبضرب الطرفين فى (t) نحصل على المعادلة الثانية للحركة:

$$\therefore \boxed{d = v_i t + \frac{1}{2}at^2} \qquad ②$$

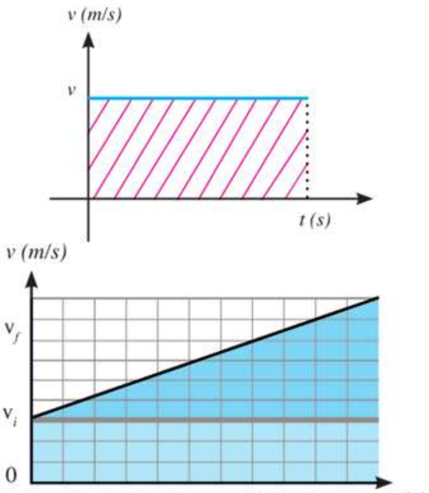
انتبه

- عندما يتحرك الجسم فى خط مستقيم وفى اتجاه ثابت كما فى حالة السيارة فإن مقدار الإزاحة يساوى المسافة المقطوعة، وفى هذه الحالة يمكن اعتبار (d) هى نفسها المسافة المقطوعة (s).
- عندما يتحرك الجسم فى خط مستقيم وفى اتجاه متغير، كما فى حالة الجسم المقذوف إلى أعلى حيث يكون اتجاه الصعود عكس اتجاه الهبوط ، فإن مقدار الإزاحة لا يساوى المسافة المقطوعة (s).

استنتاج المعادلة الثانية للحركة بيانيًّا:

إذا كانت الإزاحة تساوى السرعة × الزمن فإنها فى الرسم البيانى المبين ستساوي عدديًّا الطول × العرض، وهى هنا تعبر عن المساحة تحت المنحنى، أى أن الإزاحة = المساحة تحت منحنى (السرعة - الزمن).

بناء على ذلك يمكن استنتاج معادلة الحركة الثانية وحساب الإزاحة المقطوعة بحساب المساحة تحت منحنى (السرعة - الزمن) وذلك بتقسيم المساحة تحت المنحنى إلى مستطيل ومثلث.



شكل (١٧) : الإزاحة تساوى المساحة أسفل المنحنى

مساحة المستطيل = $v_i t$

مساحة المثلث = $\frac{1}{2}(v_f - v_i)\,t$

وسبق أن توصلنا إلى أن التغير فى السرعة $(v_f - v_i)$ يساوى (at)،

وبالتالى تصبح مساحة المثلث = $\frac{1}{2}at^2$

وبجمع مساحة المستطيل مع مساحة المثلث نحصل على الإزاحة المقطوعة (d).

$$d = v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

أفكار لتنشيط الإبداع

- ابتكر طرقًا أخرى لاستنتاج معادلة الحركة الثانية بيانيًّا (اعتبار المساحة تحت المنحنى على هيئة شبه منحرف أو تقسيم المساحة إلى مثلثين ..... .)

٣- معادلة (الإزاحة - السرعة) (Displacement - Velocity) equation

فى بعض الحالات يكون الزمن غير معلوم، لذا ينبغى استنتاج معادلة حركة أخرى لا نحتاج فيها لمعرفة الزمن، وذلك على النحو التالى:

يمكن حساب الإزاحة (d) من العلاقة: $d = \overline{v}\ t$

وبالتعويض عن قيمة $(\overline{v})$ وقيمة (t) من المعادلتين التاليتين:

$$t = \frac{v_f - v_i}{a}$$

$$\overline{v} = \frac{v_f + v_i}{2}$$

وبناء على ذلك تحسب الإزاحة على النحو التالى:

$$d = \overline{v}\,t = \frac{v_f + v_i}{2} \times \frac{v_f - v_i}{a} = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2a}$$

ومن العلاقة السابقة يمكن الحصول على المعادلة الثالثة للحركة:

$$\boxed{\therefore 2ad = v_f^2 - v_i^2} \quad ③$$

لدينا الآن ثلاث معادلات تنطبق على الحركة ذات العجلة المنتظمة، وهى كافية لوصف الحركة فى أى موقف تكون العجلة فيه منتظمة، ونظرًا لأن جميع الكميات فى هذه المعادلات متجهة فيما عدا الزمن؛ لذا ينبغى تحديد الاتجاه الموجب، فمثلًا يمكن اعتبار الاتجاه إلى اليمين موجبا، وحينها فإن كلا من الإزاحة والسرعة والعجلة تكون موجبة إذا كانت لليمين وسالبة إذا كانت لليسار. ويلخص الجدول التالى بعض الحالات الخاصة لمعادلات الحركة:

الصيغة العامة	بداية الحركة من السكون $v_i = 0$	التوقف فى نهاية الحركة $v_f = 0$	التحرك بسرعة منتظمة $a = 0$
$v_f = v_i + at$	$v_f = at$	$v_i = -at$	$v_f = v_i$
$d = v_i t + \frac{1}{2}at^2$	$d = \frac{1}{2}at^2$	$d = -\frac{1}{2}at^2$	$d = v_i t$
$2ad = v_f^2 - v_i^2$	$2ad = v_f^2$	$2ad = -v_i^2$	$0 = v_f^2 - v_i^2$

التغلب على صعوبات التعلم

قد تواجه مشكلات فى ترجمة المسألة اللفظية إلى صورة معادلة رياضية، إليك دليل موجز لمساعدتك فى ذلك:

- ازدادت سرعته تعنى أن العجلة موجبة (إذا كانت السرعة موجبة).
- تناقصت سرعته تعنى أن العجلة سالبة (إذا كانت السرعة موجبة).
- متى؟ تعنى ما قيمة الزمن t ؟
- أين؟ تعنى ما قيمة الإزاحة d ؟

إدارة الوقت:

- حاول أن تضع تقديرًا للوقت الذى ستستغرقه فى أداء نشاط معين.
- وازن بين الواجبات الدراسية والأنشطة الاجتماعية والترفيهية ورتبها حسب أهميتها وقدم الواجبات المهمة والعاجلة على الأقل أهمية.

أمثلة محلولة

١ احسب الزمن الذى تستغرقه طائرة لتتوقف تمامًا عند هبوطها على مدرج المطار، اذا علمت أن سرعتها عند ملامستها لأرض الممر (162 km/h) وتتباطأ بانتظام بمعدل ($0.5\ m/s^2$)

الحل:

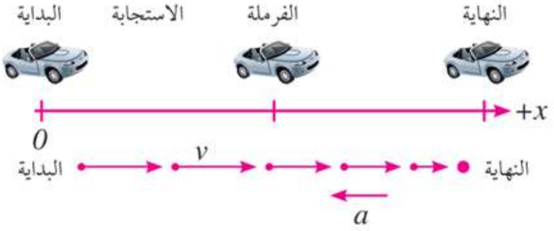
$$v_i = 162 \times \frac{5}{18} = 45\ m/s \qquad v_f = 0$$

$$a = -0.5\ m/s^2 \qquad v_f = v_i + a\,t$$

$$0 = 45 + (-0.5)\,t \qquad -45 = (-0.5)\,t$$

$$t = 90\ s$$

٢ يقود أحد الأشخاص سيارة بسرعة منتظمة مقدارها($30\ m/s$) ، وفجأة رأى طفلًا يركض فى الشارع. فإذا كان زمن الاستجابة اللازم ليضغط على الفرامل هو ($0.5\ s$) ، فتباطأت السيارة بعجلة منتظمة مقدارها ($9\ m/s^2$) حتى توقفت، ما الإزاحة الكلية التى قطعتها السيارة قبل أن تقف؟



الحل:

حساب الإزاحة اثناء فترة الاستجابة (السرعة منتظمة):

$$d_{\text{الاستجابة}} = v_{\text{الاستجابة}}\ t_{\text{الاستجابة}} = (30) \times (0.5) = 15m$$

حساب الإزاحة أثناء عملية الفرملة حتى الوقوف (السرعة تناقصية):

من الجدول صفحة (38)

$$2\,ad_{\text{فرملة}} = -v_i^2{}_{\text{الفرملة}}$$

وحيث أن: $v_{f\,\text{استجابة}} = v_{i\,\text{الفرملة}}$

$$2\,ad_{\text{فرملة}} = -v_f^2{}_{\text{استجابة}}$$

$$\therefore d_{\text{الفرملة}} = \frac{-v_f^2}{2a} = \frac{-(30)^2}{2 \times -9} = 50m$$

حساب الإزاحة الكلية

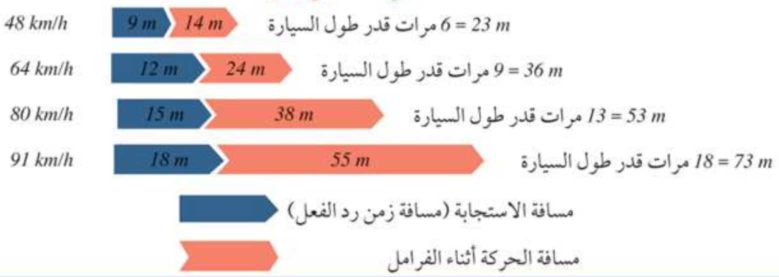
$$d_{\text{الكلية}} = d_{\text{الاستجابة}} + d_{\text{الفرملة}} = 15 + 50 = 65\ m$$

لاحظ أن: مقدار الإزاحة الكلية هى نفسها المسافة الكلية التى تقطعها السيارة لكى تتوقف.

مهارات حماية النفس

- لتجنب مخاطر السرعة الزائدة وحرصًا على الأرواح لابد من اتباع الإرشادات المرورية مثل ترك مسافة مناسبة بينك وبين السيارة التى أمامك حتى يمكنك التوقف بأمان إذا توقفت السيارة التى أمامك فجأة ويراعى زيادة هذه المسافة كلما زادت سرعة سيارتك، وكذلك على الطرق المبللة أو المغطاة بالزيت، كما تحتاج المركبات الضخمة إلى مسافات أكبر.

مسافات توقف نموذجية



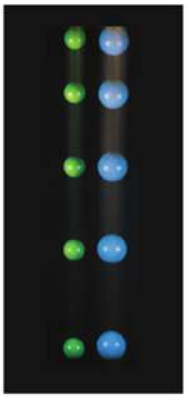
تطبيقات على الحركة بعجلة منتظمة:

السقوط الحر Free fall:

إذا أسقطنا كتابًا وورقة من نفس الارتفاع وفى اللحظة نفسها فأيهما يصل إلى سطح الأرض أولا؟ وعند وضع الورقة ملاصقة للسطح العلوى للكتاب. ماذا يحدث؟ ما تفسيرك لوصولهما فى نفس اللحظة؟

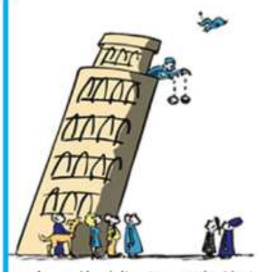
عند سقوط جسم فإنه يتأثر بمقاومة الهواء حيث يصطدم بجزيئات الهواء وتؤثر هذه التصادمات الضئيلة فى سرعة هبوط الأجسام الخفيفة بشكل أكبر من تأثيرها فى هبوط الأجسام الثقيلة (لاحظ أنه عند وضع الورقة ملاصقة للسطح العلوى للكتاب فإنها أصبحت لا تتأثر بمقاومة الهواء).

ولفهم سلوك الأجسام الساقطة نأخذ الحالة الأبسط وهى سقوط الأجسام تحت تأثير وزنها فقط، وذلك بإهمال تأثير مقاومة الهواء، وتسمى هذه الحركة بالسقوط الحر، وعند إهمال مقاومة الهواء فإن جميع الأجسام تسقط على سطح الأرض بنفس العجلة.


شكل (١٨) هل تصل كرتان مختلفتان فى الكتلة فى وسط مفرغ من الهواء فى نفس اللحظة إلى سطح الأرض؟

علماء أفادوا البشرية

- أثبت جاليليو أنه مهما اختلفت كتل الأشياء فإن جميعها تصل إلى سطح الأرض فى وقت واحد، وذلك فى حالة إهمال مقاومة الهواء حيث قام بإسقاط جسمين مختلفين فى الكتلة من فوق برج بيزا بإيطاليا، وكانت هذه التجربة سببًا فى تحطم فكرة أرسطو التى تنص على أن الأجسام ذات الكتل الكبيرة تصل إلى سطح الأرض فى زمن أقل من الأجسام ذات الكتل الصغيرة.


شكل (١٩) : تجربة جاليليو للسقوط الحر

عجلة السقوط الحر (g):

هى العجلة المنتظمة التى تتحرك بها الأجسام أثناء سقوطها سقوطًا حرًّا نحو سطح الأرض، وهذه العجلة تساوى ($9.8\ m/s^2$) ومعنى ذلك أن سرعة الجسم الذى يسقط سقوطًا حرًّا تزداد بمقدار ($9.8\ m/s$) فى كل ثانية.

وتختلف قيمة عجلة السقوط الحر (g) اختلافًا طفيفًا من مكان إلى آخر على الأرض حسب البعد عن مركز الأرض. ويمكن اعتبار عجلة السقوط الحر تساوى ($10\ m/s^2$) وذلك للتبسيط.

شكل (٢٠) هل يسقط هذا الشخص بعجلة $9.8\ m/s^2$؟ فسر إجابتك.

ركن التفكير:

لاحظ الجدول ثم أجب عن الأسئلة التى تليه:

الزمن (s)	الإزاحة (m)	السرعة (m/s)
0	0	0
0.5	1.25	5
1	5	10
1.5	11.25	15
2	20	20

١ باستخدام الجدول السابق ارسم العلاقة البيانية (الإزاحة – الزمن) والعلاقة البيانية (السرعة – الزمن).

٢ استخدم الرسم البيانى ومعادلات الحركة فى إيجاد الإزاحة والسرعة بعد مرور ($3\ s$).

٣ ما الذى يدل عليه زيادة التباعد بين مواقع الجسم بمرور الزمن؟

أمثلة محلولة

١ سقط صندوق من طائرة هليوكوبتر تحلق مستقرة على ارتفاع 78.4 m فوق بقعة معينة من سطح البحر. احسب سرعة ارتطام الصندوق بالماء مع إهمال مقاومة الهواء، إذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية $9.8\ m/s^2$، ثم احسب زمن وصول الصندوق للماء..

الحل:

$v_i = 0\ ,\ g = 9.8\ m/s^2\ ,\ d = 78.4\ m$

$2\,g\,d = v_f^2 - v_i^2 \qquad 2 \times 9.8 \times 78.4 = v_f^2$

$v_f = 39.2\ m/s$

$$t = \frac{v_f - v_i}{g} = \frac{v_f}{g} = \frac{39.2}{9.8} \qquad t = 4\ s$$

٢ سقط حجر من سطح مبنى فمر أمام شخص يقف فى أحد شرفات المبنى على ارتفاع 5 m من سطح الأرض بعد 4 s من لحظة السقوط أوجد:

أ ارتفاع المبنى. ب سرعة الحجر عندما مر أمام الشخص.

الحل:

$$d = v_i t + \frac{1}{2} g t^2$$

$$d = 0 + \frac{1}{2} \times 10 \times 16 = 80 \text{ m}$$

أ ارتفاع المبنى:

$$h = 80 + 5 = 85 \text{ m}$$

ب سرعة الحجر عندما مر أمام الشخص تتعين من:

$$v_f = v_i + g t$$

$$v_f = 0 + 10 \times 4 = 40 \text{ m/s}$$

٣ سقطت ثمرةمانجو من شجرة وبعد ثانية واحدة ارتطمت بالأرض. احسب قيمة سرعة الثمرة لحظة اصطدامها بالأرض. احسب السرعة المتوسطة للثمرة خلال السقوط، ثم أوجد بعد الثمرة عن الأرض عند بدء السقوط.

الحل:

المعطيات: $v_i = 0 \quad g = 10 \text{ m/s}^2 \quad t = 1 \text{ s}$

حساب السرعة لحظة الاصطدام بالأرض: $v_f = v_i + gt = gt$

$$v_f = 10 \times 1 = 10 \text{ m/s}$$

حساب السرعة المتوسطة: $\overline{v} = \frac{v_f + v_i}{2}$

$$\overline{v} = \frac{10 + 0}{2} = 5 \text{ m/s}$$

حساب بعد الثمرة عن الأرض: $d = v_i t + \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} g t^2$

$$\therefore d = (\frac{1}{2})(10)(1)^2 = 5 \text{ m}$$

مثال محلول

فى تجربة لتعيين عجلة الجاذبية الأرضية باستخدام قطرات ماء تسقط سقوطًا حرًّا كانت المسافة بين مصدر قطرات الماء وسطح الإناء (*1m*). وكان زمن سقوط أو ارتطام (*100* قطرة) متتالية هو (*45 s*) احسب عجلة الجاذبية الأرضية.

الحل:

المعطيات: $d = 1m \quad , v_i = 0 \quad , t = ? \quad , a = ?$

زمن سقوط القطرة الواحدة $(t) = \frac{\text{الزمن الكلى}}{\text{عدد القطرات}} = \frac{45}{100} = 0.45\ s$

بالتعويض فى معادلة الحركة الثانية:

$$d = \frac{1}{2} g t^2$$

$$g = \frac{2d}{t^2} = \frac{2 \times 1}{0.45 \times 0.45} = 9.88\ m/s^2$$

المقذوفات Projectiles

(أ) المقذوفات الرأسية:

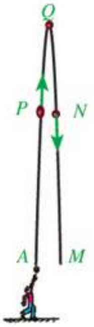
- عند قذف الجسم رأسيًّا لأعلى فإنه يغادر اليد بسرعة ابتدائية (v_i) لا تساوى الصفر.
- يصبح الجسم تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية التى تساوى ($-10\ m/s^2$) وتدل الإشارة السالبة على أن السرعة تتناقص كلما ارتفع الجسم إلى أعلى.
- تقل السرعة كلما ارتفع الجسم فتصبح سرعته صفرًا عند أقصى ارتفاع.
- يتغير اتجاه السرعة ليعود الجسم إلى سطح الأرض تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية، والتى تعمل على تزايد السرعة مرة أخرى، ولكن فى عكس الاتجاه.
- سرعة الجسم عند أى نقطة أثناء الصعود = − سرعة الجسم عند نفس النقطة أثناء النزول، وتدل الإشارة السالبة على أن السرعتين فى عكس الاتجاه.
- زمن الصعود = زمن الهبوط.

مثال محلول

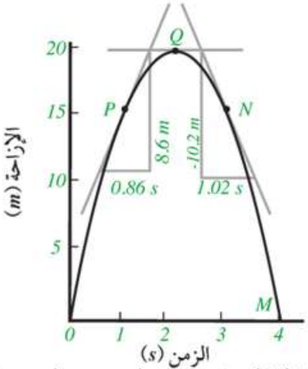
يعبر الجدول التالى عن قيم كل من الزمن والإزاحة والسرعة لجسم يقذف رأسيًا بسرعة ابتدائية ($20\ m/s$):

الزمن (s)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
الإزاحة (m)	0	8.75	15	18.75	20	18.75	15	8.75	0
السرعة (m/s)	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20

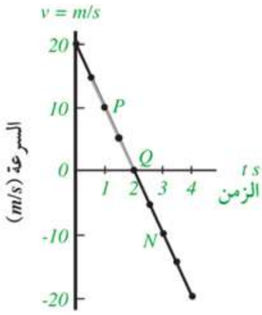
ويمكن تمثيل هذه الحركة باستخدام الأشكال التالية:



شكل (٢١) مسار حركة الجسم المقذوف



شكل (٢٢) : تغير إزاحة الجسم مع الزمن



شكل (٢٣) تغير سرعة الجسم مع الزمن

١ عين سرعة الجسم عند النقاط P, Q, N من خلال المنحنى البيانى (الإزاحة–الزمن) ثم عينها مرة أخرى من خلال المنحنى البيانى (السرعة – الزمن).

٢ ما قيمة ميل المنحنى (السرعة – الزمن)؟ وعلام يدل هذا الميل؟ ولماذا يكون بإشارة سالبة؟

الحل:

١ يمكن تعيين السرعة عند N ، و Q ، و P بحساب ميل المماس عند تلك النقاط على منحنى (الإزاحة – الزمن)

$$v_Q = 0 \qquad v_P = \frac{8.6}{0.86} = 10\ \text{m/s} \qquad v_N = \frac{-10.2}{1.02} = -10\ \text{m/s}$$

وهى نفس القيم التى نحصل عليها من منحنى (السرعة – الزمن)

٢ ميل منحنى (السرعة – الزمن) هو العجلة (a): $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-20}{2} = -10\ \text{m/s}^2$

وتدل الإشارة السالبة على أن سرعة الجسم تتناقص كلما ابتعد عن سطح الأرض.

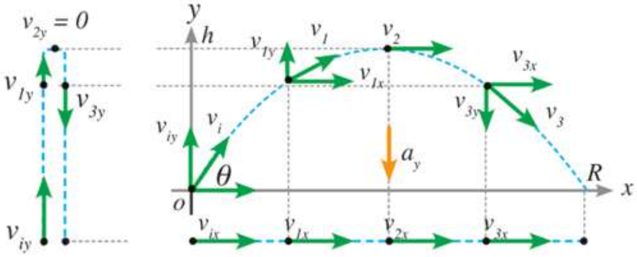
(ب) المقذوفات بزاوية (الحركة فى بعدين):

درست سابقًا حركة الأجسام التى تسير بعجلة منتظمة فى خط مستقيم سواء ما كان منها على سطح أفقى أو سطح مائل، أو رأسيًا إلى أعلى، والآن سندرس حركة الأجسام المقذوفة بزاوية (θ) مع المحور الأفقى (x) تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية.

شكل (٢٤) : لماذا يتحرك الماء فى مسار منحنى؟

شكل (٢٥) : لماذا يتحرك الشرر فى مسار منحنى؟

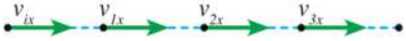
دعنا نتأمل حركة مقذوف مثل: كرة أو دانة مدفع، والتى ستأخذ خطًّا منحنيًّا، كما هو مبين فى الشكل (٢٦)، وتنطلق بسرعة ابتدائية قدرها (v_i)وبزاوية قدرها (θ) مع المستوى الأفقى، سوف نلاحظ أنه يمكن تحليل السرعة فى اتجاهين أفقى (x) ورأسى (y) على النحو التالى:



شكل (٢٦) : مسار حركة المقذوف

الاتجاه الأفقى (x): وتتحرك فيه الكرة بسرعة منتظمة (v_{ix}) وذلك بفرض عدم وجود قوة احتكاك، ويمكن حساب هذه السرعة فى الاتجاه الأفقى من العلاقة:

$$v_{ix} = v_i \cos \theta$$



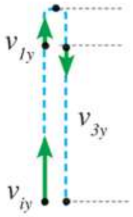
ويتم التعويض بـ (v_{ix}) المحسوبة من العلاقة السابقة فى معادلات الحركة الثلاث مع مراعاة أن ($a_x = 0$):

لعبة إلكترونية على موقع الكتاب

ألعب وتعلم مع حركة المقذوفات من خلال موقع الكتاب على الانترنت

الاتجاه الرأسى (y): وتتحرك فيه الكرة تحت تأثير عجلة السقوط الحر وبالتالى تكون السرعة متغيرة، ويمكن حساب السرعة الابتدائية فى الاتجاه الرأسي (v_{iy}) من العلاقة:

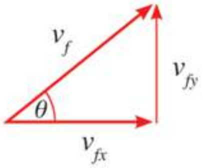
$$v_{iy} = v_i \sin \theta$$



ويتم التعويض بـ (v_{iy}) المحسوبة من العلاقة السابقة فى معادلات الحركة الثلاث مع مراعاة أن ($a_y = g = -10\ m/s^2$):

وتحسب سرعة القذيفة عند أى لحظة من نظرية فيثاغورس:

$$v_f = \sqrt{v_{fx}^2 + v_{fy}^2}$$



استنتاج زمن الصعود (t):

حيث إن مركبة السرعة فى اتجاه y تساوى الصفر عند أقصى ارتفاع لذا نعوض بـ ($v_{fy} = 0$) في المعادلة الأولى للحركة فيكون $0 = v_{iy} + gt$

أي أن :

$$\boxed{t = \frac{-v_{iy}}{g}}$$

ويكون زمن التحليق ضعف زمن الصعود

$$\boxed{T = 2t = \frac{-2v_{iy}}{g}}$$

استنتاج أقصى ارتفاع رأسي (h):

نعوض بـ ($v_{fy} = 0$) في المعادلة الثالثة للحركة فيكون

$$2g\,h = -v_{iy}^2$$

أي أن

$$\boxed{h = \frac{-v_{iy}^2}{2\,g}}$$

استنتاج أقصى مدى أفقي (R):

لاحظ أن: زمن أقصى مدى أفقى = زمن التحليق = T

وبالتعويض عن ($a_x = 0$)، و ($d = R$) في معادلة الحركة الثانية نجد أن:

$$\boxed{R = v_{ix}T = 2v_{ix}\,t}$$

تعميق المعرفة

لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:

مثال محلول

انطلقت دراجة نارية بسرعة $15\ m/s$ وفى اتجاه يصنع زاوية $30°$ على الأفقي.

- أ ما أقصى ارتفاع تصل إليه الدراجة؟
- ب ما زمن تحليقها؟
- جـ ما أقصى مدى أفقي يمكن أن تصل إليه الدراجة؟

الحل:

نحسب كل من (v_{ix})، و (v_{iy})

$$v_{ix} = v_i \cos 30 = 15 \times 0.866 = 13\ m/s$$

$$v_{iy} = v_i \sin 30 = 15 \times 0.5 = 7.5\ m/s$$

حساب أقصى ارتفاع رأسي (h):

$$h = \frac{-v^2_{iy}}{2\,g} = \frac{-(7.5)^2}{2\times(-10)} = 2.8\ m$$

حساب زمن التحليق (T):

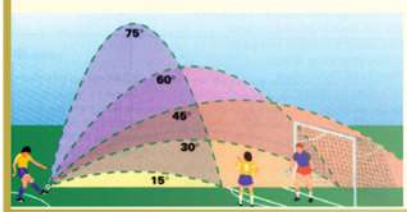
$$T = 2t = \frac{-2 \times v_{iy}}{g} = \frac{-2\times 7.5}{-10} = 1.5\ s$$

حساب أقصى مدى أفقي (R):

$$R = v_{ix}\,T = 13 \times 1.5 = 19.5\ m$$

هل تعلم؟

أن الجسم المقذوف يصل إلى أقصى مدى أفقي له عند قذفه بزاوية $45°$، وأن المدى الأفقي لجسم مقذوف يتساوى عند قذفه بزاويتين مجموعهما $90°$.



الأنشطة والتدريبات

الفصل الثانى

الحركة بعجلة منتظمة

الأمان والسلامة :

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تعين عجلة السقوط الحر باستخدام مواد بسيطة.

المهارات المرجو اكتسابها :

- الملاحظة - القياس - الدقة فى إجراء القياسات - الاستنتاج - العمل التعاونى.

المواد والأدوات :

مسطرة مترية - ساعة إيقاف - طبق معدني - صنبور ماء.

أولاً - التجارب العملية

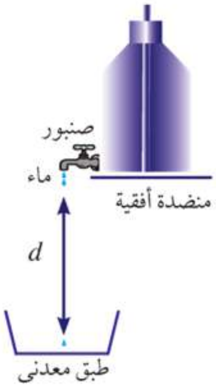
(١) تعين عجلة السقوط الحر:

فكرة التجربة:

إذا قمنا بتعيين الزمن (t) الذى تستغرقه قطرة ماء لتقطع إزاحة مقدارها (d) فإنه يمكن حساب عجلة السقوط الحر باستخدام العلاقة:

$$d = \frac{1}{2} g t^2$$

خطوات العمل:



١ هيئ الجهاز للعمل، بحيث تكون المسافة بين فوهة الصنبور وسطح الطبق تساوى $1\ m$ ، ثم قس هذه المسافة بالضبط.

٢ تحكم فى الصنبور بعناية حتى تبدأ قطرة الماء فى السقوط فى نفس اللحظة التى يسمع فيها صوت ارتطام القطرة السابقة بالطبق. فيكون الزمن الذى تستغرقه القطرة للوصول إلى الحوض مساويا للزمن بين سقوط قطرتين متتاليتين من الصنبور.

الأشراف برنتنج هاوس

٣ باستخدام ساعة إيقاف أوجد الزمن الذى يستغرقه سقوط 50 قطرة متتالية، ومنه أوجد الزمن (t) بين سقوط أى قطرتين متتاليتين.

$$\text{زمن سقوط القطرة} = \frac{\text{الزمن الكلى}}{\text{عدد القطرات}}$$

٤ كرر العمل السابق عدة مرات واحسب متوسط زمن سقوط القطرة الواحدة.

النتائج:

المحاولة	زمن 50 قطرة	زمن القطرة
1	....	....
2	....	....
3	....	....
4	....	....

متوسط زمن سقوط القطرة الواحدة = ...

تحليل النتائج:

احسب عجلة السقوط الحر مستخدما العلاقة:

$$d = \frac{1}{2} g t^2$$

الاستنتاجات:

عجلة الجاذبية الأرضية = ...

أنشطة إضافية وإثرائية:

صمِّم تجارب عملية للإجابة عن الأسئلة التالية:

- هل تسقط الأجسام ذات الكتل المختلفة بنفس عجلة السقوط الحر؟
- كيف يمكن تعيين عجلة السقوط الحر باستخدام بندول بسيط مستعينًا بشبكة الإنترنت؟

ثانيًا - الأنشطة التقويمية

١ ابن ملكا البغدادي هو طبيب وفيلسوف اشتهر فى القرن السادس الهجرى ولقب بأوحد الزمان، ولد ونشأ بالبصرة، ثم سافر إلى بغداد وعمل فى قصور الخليفتين العباسيين المقتدى، والمستنصر، وحظى بمكانة عظيمة، حتى لقب بفيلسوف العراقيين فى عصره، اكتب بحثًا فى أهم إسهامات ابن ملكا فى علم الفيزياء.

٢ بمساعدة زملائك قم بتصميم عدة نماذج للقاذفات باستخدام مواد من خامات البيئة مثل: خيط مطاطي، وأخشاب، وأقلام ...... ، ثم استخدم هذه النماذج فى تحليل العوامل التى تؤثر فى حركة المقذوفات، وتوظيف مدى استيعابك لهذه العوامل فى تحديد مسار المقذوف وضرب هدف عند مسافة معلومة.

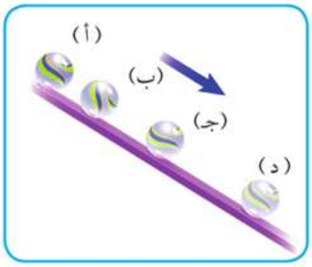
- كيف تؤثر زاوية القذف فى مسار المقذوف؟
- كيف تؤثر قوة شد الخيط المطاطى فى مسار المقذوف؟
- ما تأثير نوع المقذوف على المسار الذى يتخذه؟
- كيف يمكن أن تتغير نتائجك لو أجريت تجربة القاذفات خارج المختبر؟

تعليمات الأمن والسلامة:
- لا توجه القذائف إلى زملائك.
- لا تؤذ زملاءك بالخيط المطاطى.

٣ تشير الدراسات إلى أن ضحايا الطرق وغيرها من الحوادث كالسكة الحديد والنقل العام فى مصر وصل إلى (6500) قتيل خلال عام واحد .أما المصابون أو الذين فقدوا أجزاء من أجسادهم فقد بلغ عددهم فى عامين (67) ألفا ...... ناقش مشكلة حوادث الطرق مقترحًا بعض أساليب علاجها.

ثالثًا - الأسئلة والتدريبات

١ يبين الشكل كرة تنزلق على سطح أملس بعجلة ثابتة، وتبين النقاط (أ، ب، جـ، د) موقع الجسم كل $0.5\,s$، اعتمادا على الشكل أجب عما يأتى:



أ كيف تستدل من الشكل أن سرعة الكرة تزداد؟

....

ب لماذا تزداد السرعة؟

....

جـ احسب عجلة الكرة إذا علمت أن المسافة من (أ) إلى (د) تساوى $(2m)$؟

....

٢ وقف شخص أعلى مبنى مرتفع وقذف كرة بسرعة $(50m/s)$، فإذا كانت عجلة السقوط الحر تساوى $(10\ m/s^2)$، فاحسب سرعة الكرة والإزاحة التى تقطعها بعد مرور $(4s)$، فى الحالات الآتية:

أ إذا قذفت الكرة لأعلى فى الاتجاه الرأسى.

....

ب إذا قذفت الكرة لأسفل فى الاتجاه الرأسى.

....

جـ إذا قذفت الكرة بزاوية مقدارها $30°$ مع المستوى الأفقى.

....

د إذا قذفت الكرة أفقيا (الزاوية مقدارها صفر مع المستوى الأفقى).

....

٣ أختر الإجابة الصحيحة

١ معادلة أبعاد العجلة ....

أ LT^{-1} ب LT^{-2}

جـ $L^{-1}T^{-2}$ د $L^{-2}T^{-2}$

٢ عندما يكون التغير فى سرعة جسم صفرًا، ....

أ تكون عجلة حركته موجبة. ب تكون عجلة حركته سالبة.

جـ تكون عجلة حركته صفرا. د يكون الجسم ساكنا.

٣ اذا كان اتجاهى السرعة والعجلة سالبين، ....

أ تزداد سرعة الجسم. ب تتناقص سرعة الجسم.

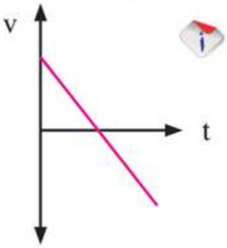
جـ يتحرك الجسم بسرعة ثابتة. د يتوقف الجسم عن الحركة.

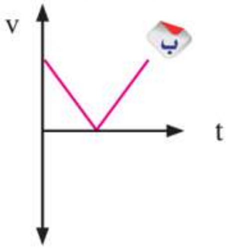
٤ جسمان لهما نفس الحجم من مادتين مختلفتين يسقطان معا سقوطا حرا من نفس الارتفاع، ما العبارة الصحيحة التى تصف وصولهما إلى الأرض؟

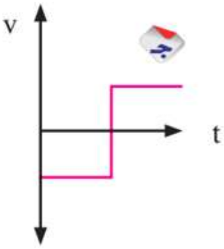
أ يصل الجسم الأثقل أولا. ب يصل الجسم الأقل كتلة أولا.

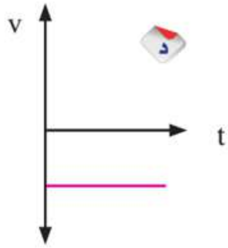
جـ عجلة حركة الجسم الأثقل أكبر. د يصلان معا إلى الأرض.

٥ الشكل البيانى الذى يمثل جسما قذف رأسيًا إلى أعلى، ثم عاد إلى نقطة القذف ، مع اعتبار اتجاه السرعة الابتدائية اتجاها موجبًا هو الشكل ...









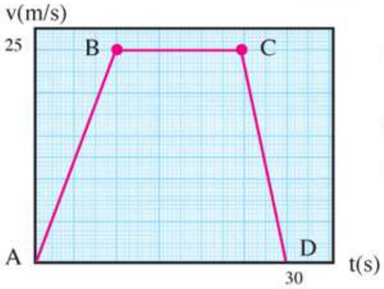
٤ ما المقصود بكل من المصطلحات الأتية:

أ إزاحة منضدة 3m ؟

ب سرعة دراجة 5m /s ؟

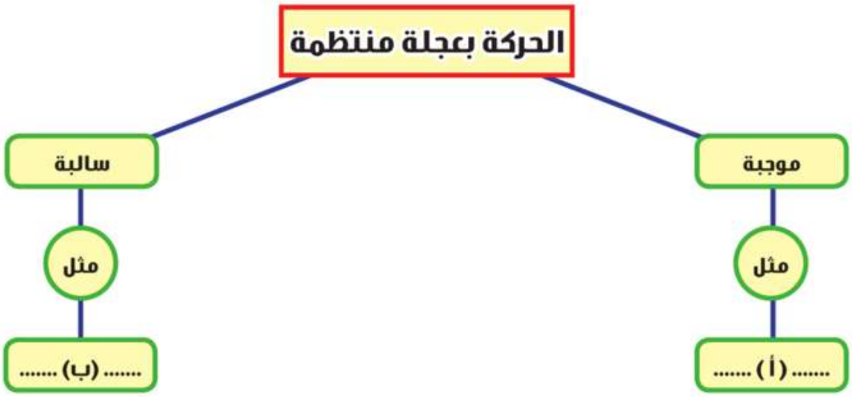
جـ عجلة السقوط الحر $9.8\ m/s^2$؟

(٥) تحركت سيارة فى خط مستقيم، وسجلت سرعتها خلال ٣٠ ثانية ، ثم مثلت بيانيا فى الشكل المقابل. قم بالمشاركة مع زميل لك بتحليل الشكل البيانى الذى يمثل حركة السيارة، واستخلاص المعلومات اللازمة لإكمال الجدول التالى:

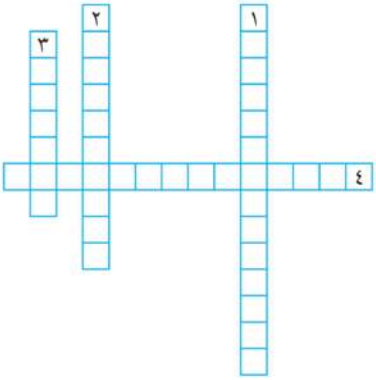


مراحل حركة السيارة	المرحلة AB	المرحلة BC	المرحلة CD
السرعة الابتدائية v_i			
السرعة النهائية v_f			
التغير فى سرعة السيارة Δv			
زمن المرحلة t			
قيمة العجلة a			
وصف الحركة أثناء المرحلة			

(٦) أكمل خريطة المفاهيم التالية:



(٧) أكمل الكلمات المتقاطعة التالية:



أفقيًا:

(٤) العجلة المنتظمة التى تتحرك بها الأجسام أثناء سقوطها نحو الأرض.

رأسيًا

(١) العجلة يكون فيها معدل التغير فى السرعة بالنسبة للزمن ثابتا.

(٢) سقوط الأجسام تحت تأثير وزنها فقط.

(٣) المساحة تحت منحنى السرعة – الزمن.

الفصل الثالث

القوة والحركة

Force and Motion

نواتج التعلم المتوقعة:

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تطبق العلاقة بين القوة والكتلة والعجلة.
- تفسر ظاهرة الفعل ورد الفعل.

مصطلحات الفصل:

قوة	*Force*
الفعل	*Action*
رد الفعل	*Reaction*
كتلة	*Mass*
وزن	*Weight*

مصادر التعلم الإلكترونية:

- **أغنية تعليمية:** قوانين نيوتن للحركة.

http://www.youtube.com/watch?v=oDLoSWQfE2E

- **فيلم تعليمى:** شرح قوانين نيوتن للحركة.

http://www.youtube.com/watch?v=CrEBThAYnT0

- **تجارب شيقة:** قانون نيوتن الأول والقصور الذاتى.

http://www.youtube.com/watch?v=Udv7RvYtAK0

تناولنا فيما سبق وصف الحركة بدراسة مفاهيم السرعة والعجلة دون التعرض لمسببات حركة الأجسام، وسنتعرض فى هذا الفصل لكيفية تولد العجلة نتيجة للقوة، وخلال ذلك سنناقش قوانين نيوتن الثلاثة للحركة، وهى قوانين ذات أهمية أساسية فى الفيزياء.

القوة Force

شكل (٢٧) : ما سبب حركة عربة الأطفال؟

القوة كلمة شائعة الاستخدام فى حياتنا اليومية، فقوتك العضلية تساعدك على شد الأشياء، وقوة محرك السيارة تساعد على بدء الحركة وقوة الفرامل تساعد على إيقافها، وتعرف القوة بأنها مؤثر خارجى يؤثر على الجسم، فيغير أويحاول التغيير من حالته أو اتجاهه، وتقاس القوة باستخدام الميزان الزنبركى، ووحدة قياسها هى النيوتن (N).

علماء أفادوا البشرية

على الرغم من أن الكثير من الفلاسفة القدامى قد حاولوا شرح وتفسير أسباب حركة الأجسام وكيفية حركتها إلا أنه لم يتم وضع نظرية منظمة للحركة قبل القرن السابع عشر. ويعود الفضل الأعظم فى هذا الشأن إلى إنجازات عالمين عظيمين هما جاليليو ونيوتن.

قانون نيوتن الأول Newton's first law

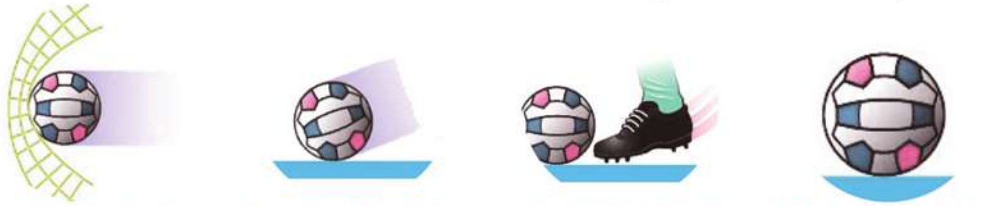
لعلك عدت يومًا إلى بيتك بعد غياب طويل ونظرت حولك وقلت بارتياح: كل شيء بقى على حاله، هل فكرت يومًا أن هذه العبارة تنطوى على أحد أهم القوانين الطبيعية؟

ومن المعروف أيضًا أنه إذا دفع جسم على الأرض فإنه ينزلق عليها مسافة معينة ثم يتباطأ إلى أن يقف. وقد اعتقد القدماء أن طبيعة المادة هى السكون، بمعنى أن حركة أى شيء تؤول للسكون، إلا أن التجارب العلمية أظهرت أن ذلك يعود لوجود قوى احتكاك تقاوم الجسم المنزلق، وتعمل على إبطائه حتى يقف. ولو لم تكن هذه القوى موجودة لتابع الجسم سيره باستمرار دون توقف، ويطلق على ما تقدم اسم قانون نيوتن الأول للحركة.

قانون نيوتن الأول للحركة: "يظل الجسم على حالته من سكون أو حركة منتظمة فى خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة محصلة تغير من حالته".

والصيغة الرياضية للقانون: $\Sigma F = 0$

والمقدار ΣF هو القوة المحصلة إذ قد يؤثر على الجسم أكثر من قوة، ولكن يلغى تأثير بعضها بعض وعندئذ يقال إن القوة المحصلة تساوى صفرًا.



يتبقى الجسم الساكن ساكنًا

ما لم تؤثر عليه قوة خارجية

ويبقى الجسم المتحرك متحركًا بسرعة ثابتة فى خط مستقيم

ما لم تؤثر عليه قوة خارجية

شكل(٢٩) : قانون نيوتن الأول

ونستنتج من قانون نيوتن الأول أنه عندما تكون القوة المؤثرة على الجسم تساوى صفرًا $(F = 0)$ فإن العجلة تساوى صفرًا $(a = 0)$ فلا تتغير سرعة الجسم سواء كان ساكنا أو متحركا كما نستنتج أننا نحتاج قوة لتحريك الأجسام الساكنة أو إيقاف المتحركة، ولكننا لا نحتاج قوة لجعلها تستمر فى حركتها بسرعة ثابتة.

ويرتبط قانون نيوتن الأول بمفهوم القصور الذاتى ارتباطًا وثيقًا لذا يسمى بقانون القصور الذاتى.

القصور الذاتي: هو ميل الجسم الساكن إلى البقاء فى حالة السكون وميل الجسم المتحرك للاستمرار فى الحركة بسرعته الأصلية في خط مستقيم أى أن الأجسام تقاوم تغيير حالتها من سكون أو حركة.

تدريب

فسر المشاهدات اليومية الآتية بناء على مفهوم القصور الذاتي:

يسقط القلم في الزجاجة عند سحب الحلقة بسرعة

يندفع قائد الدراجة النارية للأمام عند اصطدامها بحاجز

ضرورة ارتداء حزام الأمان أثناء قيادة السيارة.

شكل(٣٠) : مشاهدات يومية على القصور الذاتي

تطبيقات تكنولوجية

- لا تحتاج صواريخ الفضاء عقب خروجها من الجاذبية الأرضية إلى استهلاك وقود لكي تتحرك لأن القصور الذاتي يحافظ على حركتها بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم.

ومن الملاحظ أن إمكانية إيقاف الأجسام التي تتحرك تحت تأثير القصور الذاتي تتوقف على كتلة هذه الأجسام وسرعتها، حيث أنه:

- يصعب إيقاف شاحنة كبيرة بينما يسهل إيقاف دراجة صغيرة بفرض أنهما يتحركان بنفس السرعة.
- يصعب إيقاف السيارة إذا كانت سرعتها كبيرة بينما يسهل إيقافها إذا كانت سرعتها صغيرة.

من الملاحظتين السابقتين يتضح أن السرعة والكتلة مرتبطتان معًا في كمية فيزيائية مهمة، وهي ما تعرف باسم كمية التحرك.

كمية التحرك = الكتلة × السرعة

$$P = m\,v$$

ونظرًا إلى أن السرعة (v) كمية متجهة، فإن كمية التحرك (P) تكون كمية متجهة أيضًا، واتجاهها هو اتجاه السرعة، ووحدة كمية التحرك هي (kg.m /s).

قانون نيوتن الثانى Newton's second law

عرفنا من قانون نيوتن الأول أن الجسم الذى لا تؤثر عليه قوة لا يتحرك بعجلة، وهذا بلا شك يقودنا إلى أن الجسم الذى تؤثر عليه قوة خارجية محصلة $(\Sigma F \neq 0)$ تتغير سرعته ويكتسب عجلة $(a \neq 0)$ ، ولقد حدد نيوتن العوامل التى تتوقف عليها هذه العجلة من خلال قانونه الثانى

قانون نيوتن الثاني للحركة: "القوة المحصلة المؤثرة على جسم ما تساوي المعدل الزمني للتغير في كمية تحرك هذا الجسم"

ومن قانون نيوتن الثاني

$$F = \frac{\Delta mv}{\Delta t} = \frac{mv_f - mv_i}{\Delta t}$$

$$F = m \frac{v_f - v_i}{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F = ma \longrightarrow a = \frac{F}{m}$$

مما سبق يمكن التوصل إلى أن العجلة تتناسب طرديًا مع القوة المؤثرة على الجسم، وعكسيًا مع كتلته.

قوة أقل ينتج عنها عجلة أقل
قوة أكبر ينتج عنها عجلة أكبر

شكل (٣١) : زيادة العجلة بزيادة القوة

كتلة أقل تكتسب عجلة أكبر
كتلة أكبر تكتسب عجلة أقل

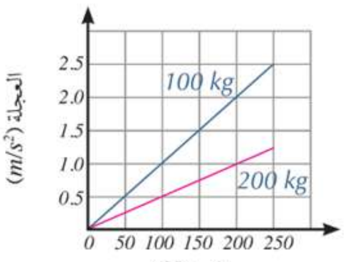
شكل (٣٢) :نقص العجلة بزيادة الكتلة

وبناء على ذلك يمكن صياغة قانون نيوتن الثانى على النحو التالى:

صيغة أخرى لقانون نيوتن الثانى للحركة: "إذا أثرت قوة محصلة على جسم أكسبته عجلة تتناسب طرديًا مع القوة المؤثرة على الجسم وعكسيًا مع كتلته".

والصيغة الرياضية للقانون: $a = \frac{F}{m}$ أو $F = ma$

وبرسم العلاقة البيانية بين العجلة التى يتحركها الجسم والقوة المؤثرة عليه نجد أن العجلة التى يتحرك بها الجسم تزداد بزيادة القوة، كما أن الجسم ذا الكتلة الأقل (مثلًا: $100\ kg$) يتحرك بعجلة أكبر من الجسم ذى الكتلة الأكبر ($200\ kg$) إذا أثرت عليها نفس القوة. وفى ضوء قانون نيوتن الثانى يمكن إعادة تعريف وحدة النيوتن (N) من خلال هذا القانون "النيوتن هو مقدار القوة التى إذا أثرت على جسم كتلته 1 kg أكسبته عجلة مقدارها $1 m/s^2$ أى أن 1 نيوتن = 1 كجم م / ث^2



شكل (٣٤) علاقة بيانية بين القوة والعجلة مع اختلاف الكتل

تنمية التفكير الناقد

* تؤثر قوة مقدارها $1\ N$ فى مكعب خشبي فتكسبه عجلة معلومة. عندما تؤثر القوة نفسها فى مكعب آخر فتكسبه عجلة أكبر بثلاثة أمثال، فماذا تستنتج حول كتلة كل من هذين المكعبين؟

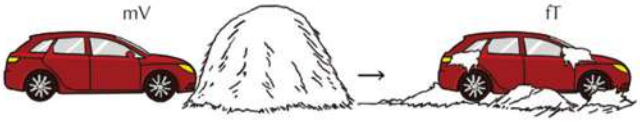
(العلاقة بين الكتلة والعجلة)

تطبيقات حياتية

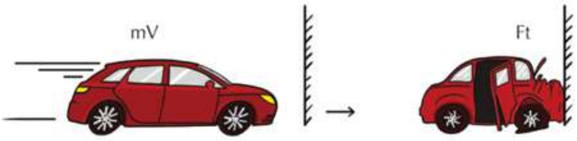
من دراسة العلاقة:

$$F = m\ \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

يمكن أن نتوصل إلى أن القوة المؤثرة على الجسم تزداد بزيادة الكتلة، والتغير فى السرعة، وتقل بزيادة زمن التأثير، فى ضوء ما سبق فسر الظواهر الحياتية التالية:

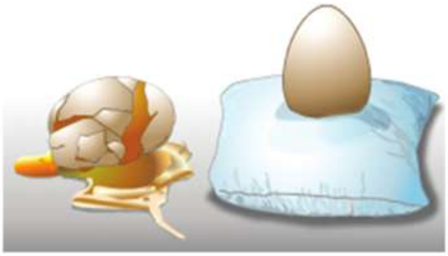


لو حدثَ التغيُّرُ لكمّيّةِ التحرّكِ في فترةٍ زمنيّةٍ أطولَ، لكانَ تأثيرُ قوّةِ التصادمِ أقلَّ.



لو حدثَ تغيُّرٌ لكمّيّةِ التحرّكِ في فترةٍ زمنيّةٍ قصيرةٍ، لكانَ تأثيرُ قوّةِ التصادمِ أكبرَ.

- اصطدام سيارة بحائط يكون أكثر تدميرا من اصطدامها بكومة من القش.
- إذا سقط شخص من مكان مرتفع في الماء فإنه لا يتأذى بينما إذا سقط على الأرض فإنه قد يتأذى.
- تزداد حدة الإصابة بزيادة الارتفاع الذي يسقط منه الشخص.
- إذا سقطت بيضة على وسادة فإنها لا تنكسر بينما تنكسر إذا سقطت على الأرض.



- اصطدام شاحنة كبيرة بحائط يكون أكثر تدميرا من اصطدام شاحنة صغيرة.
- تستخدم الوسائد الهوائية فى السيارات لحماية السائق عند حدوث تصادم.

مثال محلول

يدفع ولد صندوقًا كتلته $20\ kg$ بقوة مقدارها $50N$ احسب عجلة الصندوق؟ (افترض عدم وجود احتكاك).

الحل:

من القانون الثانى لنيوتن عن الحركة

$$a = \frac{F}{m} = \frac{50}{20} = 2.5\ \text{m s}^{-2}$$

مثال محلول

تحركت سيارة كتلتها $1000\ kg$ من السكون لتكتسب سرعة $20\ m\ s^{-1}$ بعد زمن $5\ s$ احسب قوة دفع السيارة للأمام (افترض عدم وجود احتكاك)

الحل:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

$$= \frac{20 - 0}{5} = 4\ \text{m s}^{-2}$$

ومن ثم فإن

$$F = ma = (1000)(4) = 4000\ N$$

الكتلة والوزن Mass and Weight

من قانون نيوتن الثانى نتوصل إلى أن تحريك أو إيقاف جسم كتلته كبيرة كالطائرة أصعب بكثير من تحريك أو إيقاف جسم كتلته صغيرة كالدراجة، لذا نقول إن الطائرة تمانع أى تغيير فى حالتها الحركية أكثر من ممانعة الدراجة، فالكتلة هى مقدار ممانعة الجسم لأى تغيير فى حالته الحركية الانتقالية.

شكل (٣٣) كتلة الطائرة هى ممانعتها لأى تغيير فى حالتها الحركية

ونتوصل أيضًا من قانون نيوتن الثانى إلى أن أى جسم يكتسب عجلة فلابد من وجود قوة تؤثر عليه، وفى حالة سقوط جسم فإنه يتحرك بعجلة السقوط الحر مما يعني أنه يتأثر بقوة تعرف بقوة الجاذبية الأرضية، لذا يعرف الوزن بأنه قوة جذب الأرض للجسم، ويكون اتجاهه نحو مركز الأرض، ويحسب الوزن من العلاقة: $w = mg$

قانون نيوتن الثالث Newton's third law

شكل (٣٤) : إذا قمت بنفخ بالون بالهواء ثم تركت الهواء ليندفع منه، ماذا يحدث للبالون؟

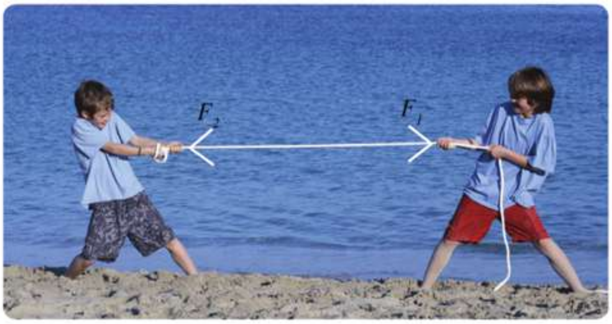
شكل (٣٥) :إذا جلست على كرسي متحرك (له عجلات) ثم قمت بدفع الحائط الذى أمامك برجليك، ماذا يحدث لك؟

شكل (٣٦) :عند خروج القذيفة من البندقية، ماذا يحدث للبندقية؟

لقد وجد (نيوتن) تفسيرًا لكل الظواهر السابقة من خلال قانونه الثالث الذى يبحث فى طبيعة القوى التى تؤثر على الأجسام، والتى تتواجد بشكل أزواج متساوية فى المقدار ومتعاكسة فى الاتجاه.

ركن التفكير:

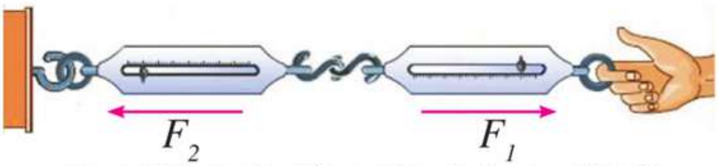
عندما تصطدم شاحنة كبيرة بسيارة صغيرة على أى الجسمين تكون قوة التصادم أكبر؟



شكل (٣٧) : قوة الفعل تساوى قوة رد الفعل فى المقدار وتضادها فى الاتجاه

قانون نيوتن الثالث للحركة: عندما يؤثر جسم على جسم آخر بقوة فإن الجسم الثانى يؤثر على الجسم الأول بقوة مساوية لها فى المقدار ومضادة لها فى الاتجاه، أى أن لكل فعل رد فعل مساوٍ له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه.

والصيغة الرياضية للقانون هى: $F_1 = -F_2$



شكل (٣٨) : تتساوى قراءة الميزان الزنبركى الأول مع قراءة الميزان الزنبركى الثانى

ويتضمن القانون الثالث ما يأتي:

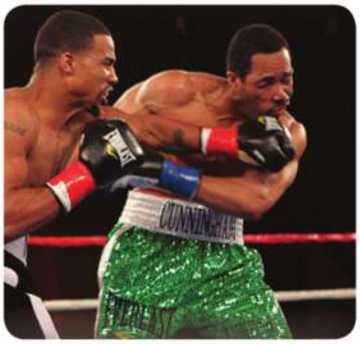
- لا توجد فى الكون قوة مفردة؛ لذلك فإن قوة الفعل ورد الفعل ينشآن معا ويختفيان معا.
- للفعل ورد الفعل طبيعة واحدة، فإذا كان الفعل قوة جاذبية فإن رد الفعل يكون قوة جاذبية أيضًا.
- لا يمكن القول بأن محصلة الفعل ورد الفعل تساوى صفرًا؛ لأنهما يؤثران على جسمين مختلفين.

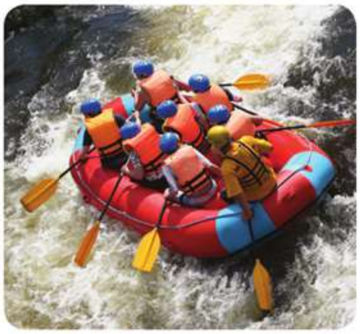
تطبيقات علمية

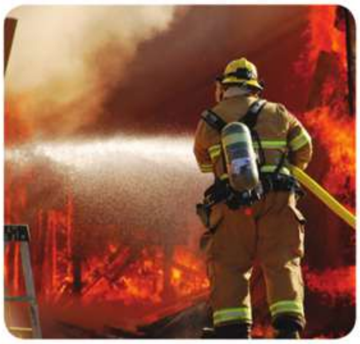
- تعتمد فكرة عمل الصاروخ على قانون نيوتن الثالث، حيث تندفع كتلة ضخمة من الغازات المشتعلة من أسفل الصاروخ فيكون رد فعل الصاروخ الاندفاع إلى أعلى.

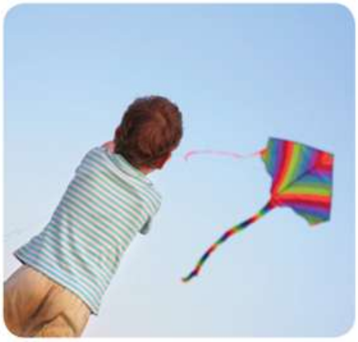
تدريب

حدد قوة الفعل وقوة رد الفعل فى كل صورة مما يلى:







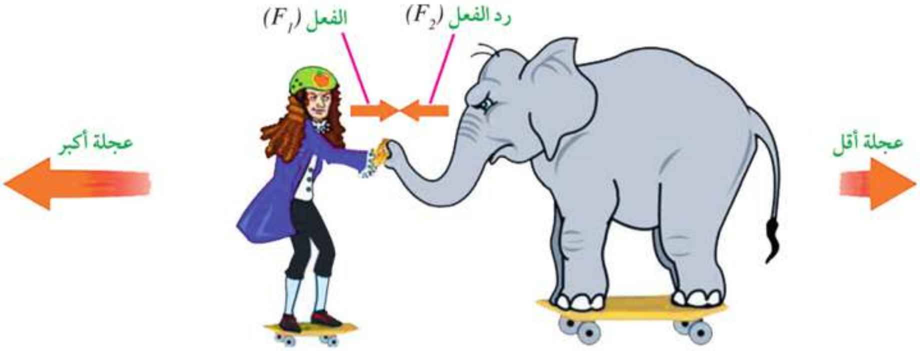


إدارة الوقت:

- احرص على استغلال وقتك أثناء الاختبارات فلن تحصل على درجات إضافية إذا أنهيت الاختبار مبكرًا لذا عليك الإجابة بدقة وحذر، والمراجعة عدة مرات تجنبًا للوقوع فى أخطاء عدم الانتباه الذى يمكن أن يحدث عندما تريد إنهاء الاختبار بسرعة.

مثال محلول

لاحظ الشكل التالى ، ثم أجب عن الأسئلة التى تليه:



١ ما العلاقة بين القوة المؤثرة على الفيل والقوة المؤثرة على الشخص؟

٢ لماذا تكون قوة الفعل على الفيل ورد الفعل على الشخص قوتين غير متزنتين؟

٣ إذا كانت كتلة الفيل تساوى 6 مرات قدر كتلة الرجل، فاحسب العجلة التى يتحرك بها الفيل إذا تحرك الرجل بعجلة $2m/s^2$؟ لماذا تكون عجلة الفيل سالبة الإشارة؟

الحل:

١ القوة المؤثرة على الشخص = – القوة المؤثرة على الفيل.

$$F_1 = -F_2$$

٢ لكى يحدث الاتزان بين قوتين يشترط أن تكونا متساويتين فى المقدار ومتضادتين فى الاتجاه، وخط عملها واحد، ويؤثران على نفس الجسم، وتنطبق جميع هذه الشروط على قوى الفعل ورد الفعل فيما عدا الشرط الأخير، حيث إن الفعل يؤثر على جسم (الفيل) ورد الفعل يؤثر على جسم آخر (الشخص).

٣ حساب العجلة التى يتحرك بها الفيل

$$F_1 = -F_2$$

$$m_1 a_1 = -m_2 a_2$$

$$\frac{-a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

وحيث إن $m_2 = 6m_1$

$$\frac{-2}{a_2} = 6$$

$$a_2 = -\frac{1}{3}\ m/s^2$$

وتدل الإشارة السالبة على أن الفيل يتحرك فى عكس اتجاه حركة الشخص.

الأنشطة والتدريبات

الفصل الثالث

القوة والحركة

الأمان والسلامة :

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تستنتج العلاقة بين كتلة الجسم والعجلة التى يتحرك بها عندما تؤثر عليه قوة.

المهارات المرجو اكتسابها :

- الملاحظة- القياس- الدقة فى إجراء القياسات- الاستنتاج- العمل التعاونى.

المواد والأدوات :

لوح خشبي أملس- متر خشبى- خيط- عربة صغيرة - خطاف - مجموعة أثقال - بكرة ملساء - سلك معدنى - ساعة إيقاف.

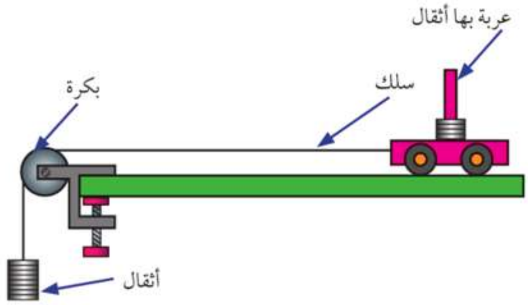
أولاً - التجارب العملية

(١) العلاقة بين القوة والعجلة:

فكرة التجربة:

عندما تؤثر قوة على جسم فإنه يتحرك بعجلة، ولإيجاد العلاقة بين القوة والعجلة يتم سحب عربة صغيرة باستخدام قوى معلومة (وهى القوى الناشئة عن أوزان أثقال معلومة الكتلة) وقياس العجلة التى تتحرك بها العربة من العلاقة $a = \frac{F}{m} = \frac{w}{m}$ وبرسم العلاقة بين القوة والعجلة يمكن استنتاج العلاقة بينهما.

الخطوات:



١ ركب الأدوات كما فى الشكل المجاور.

٢ أضف أثقالا كتلة كل منها ($5\ g$) بشكل تدريجى إلى الخطاف إلى أن تبدأ العربة بالحركة ببطء وبسرعة ثابتة، ومعنى ذلك أن هذه الأثقال قد ألغت تأثير قوة الاحتكاك.

٣ ماذا تتوقع أن يحدث إذا أضفت أثقالا أخرى؟

٤ خذ أحد الأثقال كتلته ($10\ g$) وعلقه على الخطاف.

٥ قس المسافة (d) التى ستقطعها العربة.

٦ اسمح للعربة بالحركة وقس الزمن اللازم (t) لتقطع المسافة (d) وكرر هذه الخطوة ثلاث مرات وسجل متوسط الزمن فى الجدول.

٧ علق ثقلًا آخر ($10\ g$) على الخطاف وكرر الخطوة السابقة، ثم خذ الثقل الثالث ($10\ g$) وعلقه فى الخطاف وكرر الخطوة السابقة وسجِّل نتائجك فى الجدول.

النتائج:

أ احسب فى كل مرة القوة المسببة للعجلة (القوة تساوى وزن الكتلة التى أضفتها $F = mg = 10m$).

ب احسب العجلة التى تتحرك بها العربة من العلاقة: $a = 2d/t^2$

جـ دون النتائج فى الجدول التالى:

الكتلة	القوة	الزمن	مربع الزمن	المسافة	العجلة
$0.01\ kg$	$0.1\ N$	....	....	....	....
$0.02\ kg$	$0.2\ N$	....	....	....	....
$0.03\ kg$	$0.3\ N$	....	....	....	....

تحليل النتائج: مثِّل بيانيًا العلاقة بين القوة على المحور الرأسى والعجلة على المحور الأفقى.

- عين ميل الخط البيانى، ثم احسب كتلة العربة من الرسم البيانى.

الاستنتاجات:

....

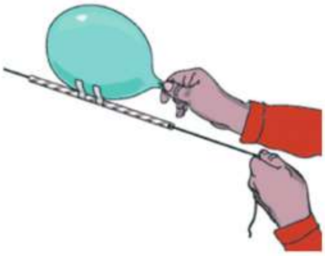
....

....

....

ثانيًا - الأنشطة التقويمية

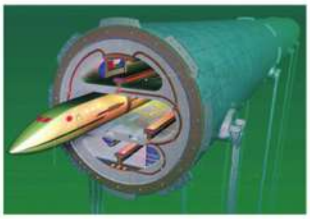
١ صمِّم نموذجًا لصاروخ يعمل بدفع الهواء بتثبيت خيط بين جدارين متقابلين بحيث يمر من خلال أنبوب ماص، ثم تثبيت بالون مملوء بالهواء فى الأنبوبة مع غلق الطرف المفتوح بالإصبع، بعد ذلك ابعد يدك عن فوهة البالون ليسمح بخروج الهواء منه. إلى أين يتجه البالون؟ ما وجه الشبه بين حركة البالون وحركة الصاروخ؟



نموذج للمركبة الهوائية

٢ يعتقد بعض العلماء أن المركبات الهوائية *(Hovercraft)* ستكون وسيلة المواصلات الرئيسية فى المستقبل برًّا وبحرًا، وتتحرك هذه المركبات على وسائد هوائية تعمل على تقليل احتكاكها بالماء أو الطريق، وبالتالى تحقق النصف الثانى من قانون نيوتن الأول، حيث تستمر فى حركتها بدون توقف بسبب انعدام قوة الاحتكاك مما يجعل سرعتها أكبر بكثير من السفن والسيارات.

بالتعاون مع زملائك صمم نموذجًا للمركبة الهوائية باستخدام غطاء زجاجة مياه، وبالون، ومادة لاصقة، وأسطوانة مدمجة.



٣ تستعد الصين لتصنيع القطار الأكثر سرعة فى العالم، ويعتمد القطار، فى سيره، على نفق خال من الهواء، ما يعنى عدم وجود احتكاك بين القطار والهواء المقاوم للسرعة؛ لعدم وجود الهواء فى النفق أصلاً.

اكتب بحثًا عن هذا النوع من القطارات ومدى إمكانية تطبيقها فى مصر.

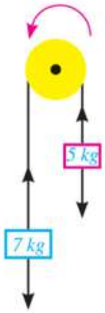
ثالثًا - الأسئلة والتدريبات

١ إذا تحرك قطار فجأة للأمام، فما الاتجاه الذى ستتحرك فيه حقيبة صغيرة موضوعة أسفل أحد المقاعد؟

....

٢ يمكن القول بأن القانون الأول للحركة هو حالة خاصة من القانون الثانى، وضح ذلك.

....



٣ ما وزن مجس فضائى كتلته $225\ kg$ على سطح القمر، بفرض أن عجلة الجاذبية على سطح القمر تساوى $1.62\ m/s^2$

....

٤ احسب العجلة التى تتحرك بها مجموعة الأثقال إذا علمت أن الكتلة الأولى تساوى ($5\ kg$)، والكتلة الثانية تساوى ($7\ kg$) مع إهمال قوة الاحتكاك.

....

٥ قذف رائد فضاء جسمًا صغيرًا فى اتجاه معين، ماذا يحدث لهذا الرائد؟ وفى ضوء ذلك اقترح طريقة لتتمكن المركبة الفضائية من تغيير اتجاهها خارج الغلاف الجوى.

....

٦ اختر الإجابة الصحيحة:

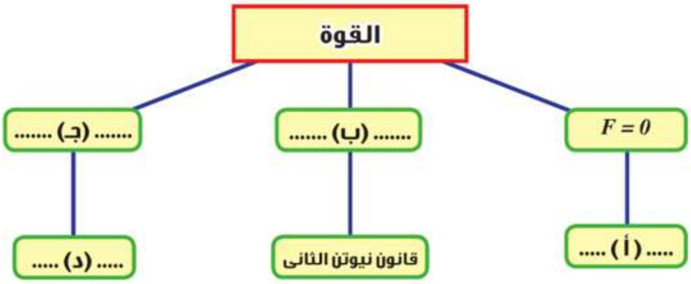
١ عندما تكون القوة المحصلة المؤثرة على سيارة متحركة صفرًا، ....

- أ تتحرك السيارة بعجلة موجبة.
- ب تتحرك السيارة بعجلة موجبة.
- جـ تتحرك السيارة بسرعة منتظمة.
- د تتوقف السيارة.

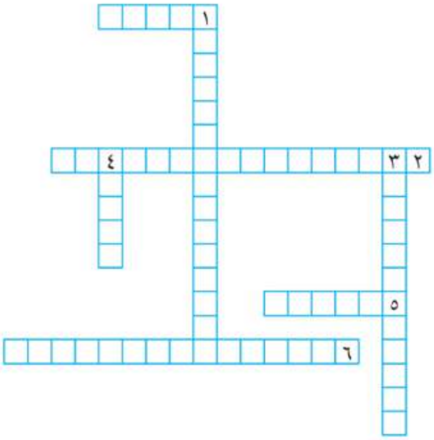
٢ نعبر عن قانون نيوتن الثالث بالعلاقة الرياضية ....

- أ $\Sigma F = 0$
- ب $\Sigma F \neq 0$
- جـ $F = m a$
- د $F_1 = - F_2$

٧ أكمل المخطط التالى:



٨ أكمل الكلمات المتقاطعة التالية:



أفقيًا:

(١) قوة جذب الأرض للجسم.

(٢) لكل فعل رد فعل مساوٍ له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه.

(٥) مقدار ممانعة الجسم لأى تغيير فى حالته الحركية الانتقالية.

(٦) يبقى الجسم الساكن ساكنًا والجسم المتحرك يبقى متحركًا بسرعة ثابتة فى خط مستقيم ما لم تؤثر على أى منهما قوة محصلة تجبرهما على تغيير ذلك.

رأسيًا:

(١) جهاز قياس القوة.

(٣) ميل الجسم الساكن إلى الاستمرار فى السكون وميل الجسم المتحرك للاستمرار فى الحركة بسرعته الأصلية.

(٤) مؤثر خارجى يؤثر على الجسم فيسبب تغييرًا فى حالته أو اتجاهه.

تدريبات عامة على الباب الثانى

١ اختر الإجابة الصحيحة

١ تسير دراجة بسرعة ثابتة فى خط مستقيم فى اتجاه الشرق، عندما تكون القوة المحصلة على الدراجة ....

أ صفرًا.
ب سالبة.
جـ موجبة.
د فى اتجاه الشرق.

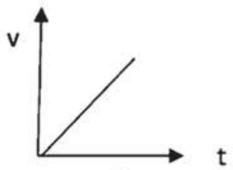
٢ عند قذف جسم بسرعة ابتدائية v_i فى اتجاه يميل بزاوية 60° على الاتجاه الأفقى، فإنه يصل إلى مسافة أفقية R . فكى يصل الجسم إلى مسافة أبعد علينا قذفه بنفس السرعة بزاوية ....

أ 90°
ب 75°
جـ 45°
د 30°

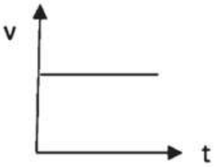
٣ يتحرك الجسم بعجلة منتظمة عندما ....

أ يقطع مسافات متساوية فى أزمنة متساوية.
ب تتناقص سرعته بمقادير متساوية فى أزمنة متساوية.
جـ تزداد سرعته بمقادير متساوية فى أزمنة غيرمتساوية.
د تكون القوة المحصلة المؤثرة على الجسم صفرًا.

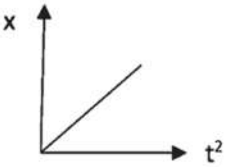
٤ الشكل البيانى الذي يمثل جسمًا يتحرك بسرعة منتظمة ...



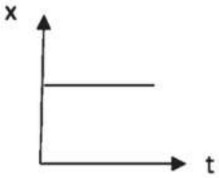
أ



ب



جـ

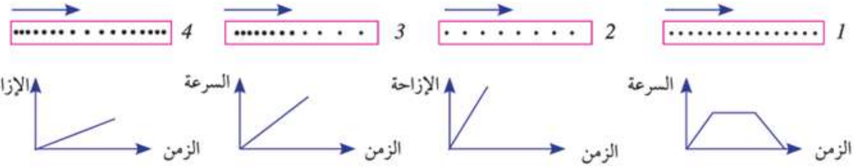


د

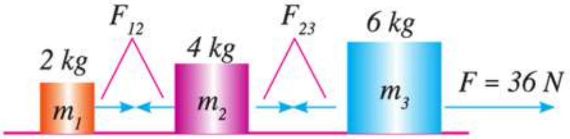
٥ عندما يكون اتجاه العجلة عكس اتجاه السرعة ...

أ تقل القوة المحصلة.
ب تزداد سرعة الجسم.
جـ تظل سرعة الجسم ثابتة.
د تتناقص سرعة الجسم.

٢ وفق كل نموذج نقطى يصف حركة جسم مع الرسم البيانى الذى يصف نفس الحركة:

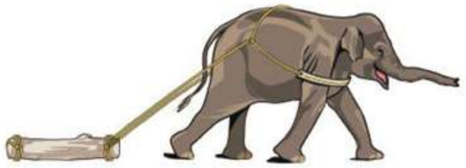

1
2
3
4
السرعة
الزمن
الإزاحة
الزمن
السرعة
الزمن
الإزاحة
الزمن

٣ ثلاث كتل متصلة بواسطة خيوط مهملة الكتل، سحبت الكتل بقوة أفقية على سطح أملس، كما فى الشكل، أوجد:

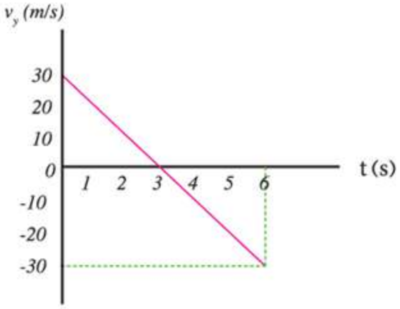

F_{12}
F_{23}
2 kg
4 kg
6 kg
m_1
m_2
m_3
F = 36 N

- عجلة كل الكتل.
- قوة الشد فى كل خيط.

٤ يجر فيل ساقًا خشبية كتلتها (0.5 ton) على سطح أفقى بسرعة ثابتة بواسطة حبل، يصنع زاوية 60° مع المستوى الأفقي كما فى الشكل، إذا علمت أن قوة الاحتكاك بين الساق والأرض (200 N)، فاحسب:



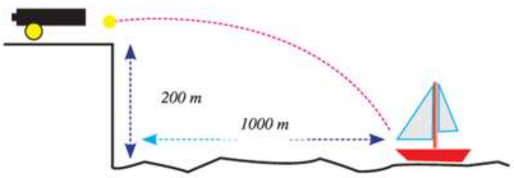
- قوة الشد فى الحبل.
- قوة الشد اللازمة كى تكتسب الساق عجلة $2\ m/s^2$.



٥ الرسم البيانى يعبر عن تغير مركبة السرعة العمودية لجسم مقذوف فى مجال جاذبية الأرض، إذا كانت زاوية القذف 30°، فاحسب:

- مقدار السرعة التى قذف بها الجسم.
- أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم.
- المدى الأفقى للجسم.

٦ فى الشكل احسب السرعة التى يجب أن تنطلق بها القذيفة من فوهة المدفع لكى تصيب السفينة. $(a = 10\ m/s^2)$



ملخص الباب

أولًا: المفاهيم الرئيسية:

- **الحركة:** هى التغير الحادث فى موضع الجسم بمرور الزمن بالنسبة لموضع جسم آخر.
- **السرعة:** هى الإزاحة التى يقطعها الجسم فى الثانية الواحدة.
- **العجلة:** هى التغير فى سرعة الجسم خلال وحدة الزمن.

- **عجلة السقوط الحر:** هى العجلة المنتظمة التى تتحرك بها الأجسام أثناء سقوطها سقوطًا حرًّا نحو سطح الأرض.

ثانيًا: العلاقات الرئيسية:

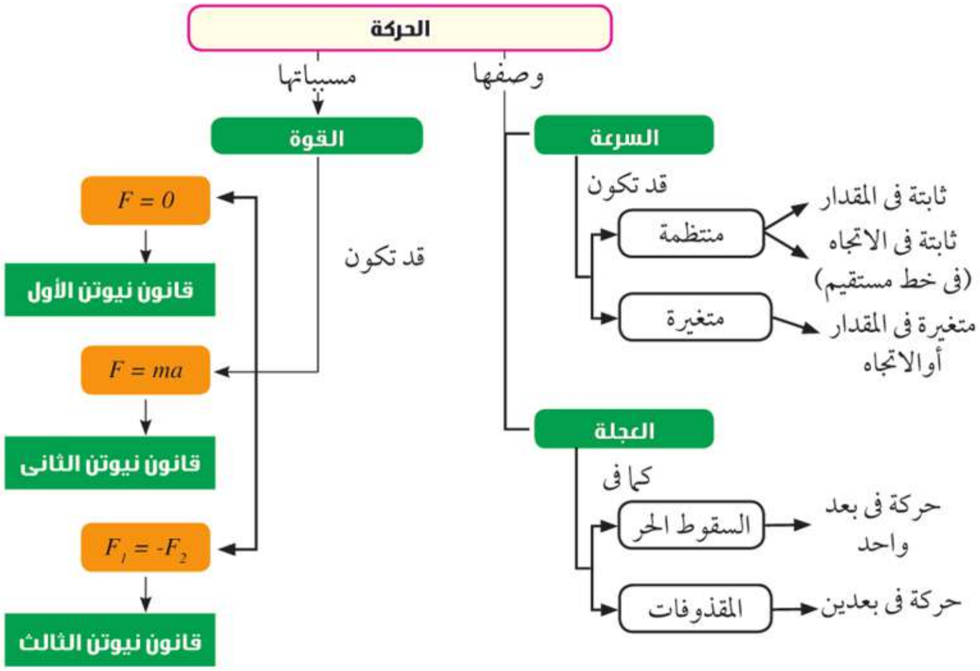
$$2ad = v_f^2 - v_i^2 \qquad d = v_i t + \frac{1}{2} at^2 \qquad v_f = v_i + at$$

$$v_{iy} = v_i \sin\theta \qquad v_{ix} = v_i \cos\theta$$

ثالثًا: القوانين الرئيسية:

- **قانون نيوتن الأول:** "يظل الجسم على حالته من سكون أو حركة منتظمة فى خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة محصلة تغير من حالته". $\Sigma F = 0$
- **قانون نيوتن الثانى:** "إذا أثرت قوة محصلة على جسم أكسبته عجلة تتناسب طرديا مع القوة المؤثرة على الجسم وعكسيا مع كتلته" $F = ma$
- **قانون نيوتن الثالث:** لكل فعل رد فعل مساوى له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه. $F_1 = -F_2$

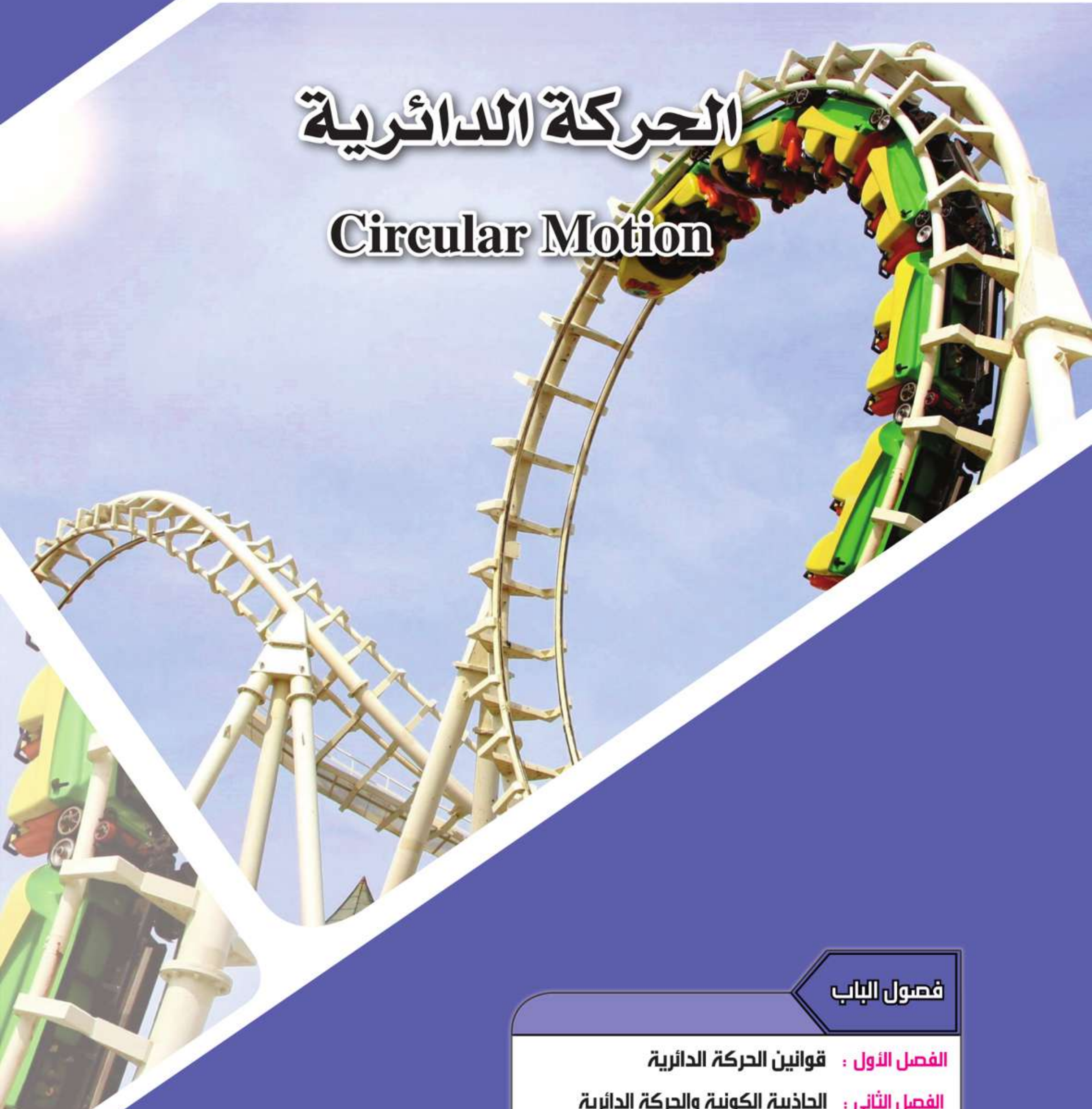
خريطة الباب


الحركة
وصفها
مسبباتها
السرعة
قد تكون
منتظمة
ثابتة فى المقدار
ثابتة فى الاتجاه (فى خط مستقيم)
متغيرة
متغيرة فى المقدار أوالاتجاه
العجلة
كما فى
السقوط الحر
حركة فى بعد واحد
المقذوفات
حركة فى بعدين
القوة
قد تكون
$F = 0$
قانون نيوتن الأول
$F = ma$
قانون نيوتن الثانى
$F_1 = -F_2$
قانون نيوتن الثالث

الباب الثالث

الحركة الدائرية

Circular Motion



فصول الباب

الفصل الأول : قوانين الحركة الدائرية

الفصل الثانى : الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

مقدمة الباب

تعتبر الحركة فى دائرة من أهم أنواع الحركة الشائعة فى الطبيعة، كحركة بعض الألعاب فى الملاهي، وحركة الأرض حول الشمس، والقمر حول الأرض، وغيرها، لذا سنخصص هذا الباب لدراسة الحركة فى دائرة، ووصف كيفية حدوثها، ودراسة العديد من الأمثلة الحياتية عليها واستنتاج العلاقات الرياضية المستخدمة فى وصفها، وكذلك عرض أهم التطبيقات الحياتية والتكنولوجية ذات الصلة بها.

أهداف الباب

فى نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تستنتج قوانين الحركة فى دائرة.
- تستنتج قيمة العجلة المركزية وتحدد مفهومها.
- تستنتج قانون القوة الجاذبة المركزية.
- تحسب قيمة القوة الجاذبة المركزية.
- تستنتج قانون الجذب العام.
- تستنتج عوامل تغير سرعة قمر صناعى أثناء حركته حول الأرض.
- تفسر دوران القمر حول الأرض فى مسار ثابت تقريبًا.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- حل المشكلات.
- التطبيق.
- مهارة عرض البيانات.

الجوانب الوجدانية المتضمنة

- تقدير جهود (إسحاق نيوتن) فى اكتشاف قانون الجذب العام.
- تقدير دور العلم وتطبيقاته فى خدمة المجتمع من خلال دراسة أهمية الأقمار الصناعية.
- اكتساب بعض جوانب الوعى المرورى، وإدراك أهمية اتباع القواعد المرورية الصحيحة.

الفصل الأول

قوانين الحركة الدائرية

Laws of circular motion

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تستنتج قوانين الحركة فى دائرة.
- تستنتج قيمة العجلة المركزية وتحدد مفهومها.
- تستنتج قانون القوة الجاذبة المركزية.
- تحسب القوة الجاذبة المركزية.

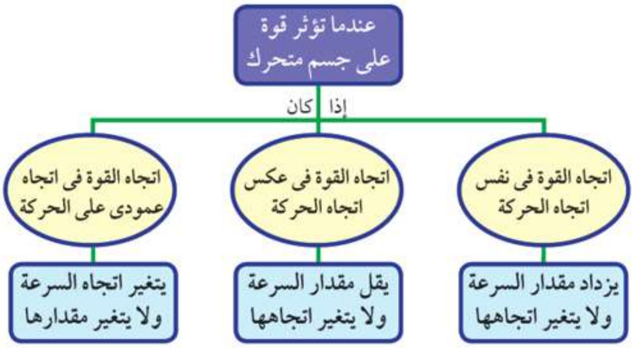
مصطلحات الفصل :

- الحركة الدائرية
  Circular Motion
- العجلة المركزية
  Centripetal Acceleration
- القوة الجاذبة المركزية
  Centripetal Force

مصادر التعلم الإلكترونية:

- **فيلم تعليمى:** مقدمة عن الحركة فى دائرة.
  http://www.youtube.com/watch?v=PBpe_LLlQJw
- **عروض عملية:** قانون الحركة فى دائرة.
  http://www.youtube.com/watch?v=Juz9m0BFX0I

من خلال دراستك لقانون نيوتن الثانى تعلمت أنه عندما تؤثر قوة على جسم متحرك بسرعة منتظمة فإنه يكتسب عجلة، أى يحدث تغير فى سرعته، ويعتمد التغير الحادث فى السرعة على اتجاه القوة المؤثرة بالنسبة لاتجاه الحركة، وذلك على النحو التالى:


عندما تؤثر قوة على جسم متحرك
إذا كان
اتجاه القوة فى نفس اتجاه الحركة
اتجاه القوة فى عكس اتجاه الحركة
اتجاه القوة فى اتجاه عمودى على الحركة
يزداد مقدار السرعة ولا يتغير اتجاهها
يقل مقدار السرعة ولا يتغير اتجاهها
يتغير اتجاه السرعة ولا يتغير مقدارها

فعندما يزيد المتسابق (٢) فى الشكل (١) من تدفق الوقود تكتسب الدراجة النارية قوة فى نفس اتجاه الحركة فتزداد سرعتها، أما عندما يضغط على الفرامل فإن القوة تكون فى عكس اتجاه الحركة فتقل السرعة، وعندما يميل المتسابق (١ أو ٣) بجسمه يمينًا أو يسارًا تتولد قوة عمودية على اتجاه الحركة، وبالتالى يتغير اتجاه الحركة ويسير فى مسار دائرى.

شكل (١) : الحركة فى مسارات منحنية

ويبين الرابط المقابل سبب حركة جسم فى مسار دائرى.

- **الحركة الدائرية المنتظمة:** هى حركة جسم فى مسار دائرى بسرعة ثابتة فى المقدار ومتغيرة فى الاتجاه، وتسمى القوة المؤثرة على هذا الجسم فى اتجاه المركز بالقوة الجاذبة المركزية.
- **القوة الجاذبة المركزية:** هى تلك القوة التى تؤثر باستمرار فى اتجاه عمودى على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم إلى مسار دائرى.

المعمل المصغر

القوة الجاذبة المركزية:

- قم بملء دلو إلى منتصفه بالماء وحركه فى دائرة رأسية بسرعة كافية، هل يخرج الماء من فوهة الدلو؟
- يمكن تفسير عدم خروج الماء من فوهة الدلو بأن القوة الجاذبة المركزية المؤثرة عليه تكون عمودية على اتجاه الحركة وبالتالى تعمل على تغيير اتجاه السرعة دون تغيير لمقدارها فتدور المياه فى المسار الدائرى وتبقى داخل الدلو.

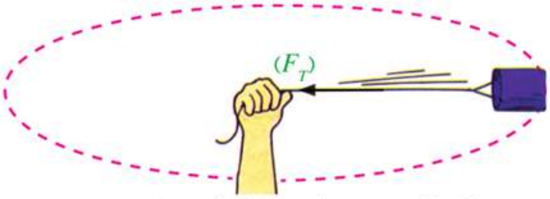
شكل (٤) : لماذا لايخرج الماء من فوهة الدلو؟

١- أنواع القوى الجاذبة المركزية Types of Centripetal Forces

لا تعتبر القوة الجاذبة المركزية نوعًا جديدًا من القوى، فهي ببساطة الاسم المعطى لأي قوة تؤثر عموديًا على مسار حركة الجسم وتجعله يتحرك فى مسار دائرى، فقد تكون القوة الجاذبة المركزية هى قوة شد، أو قوة تجاذب مادي ،... إلخ. وفيما يلى بعض أمثلة هذه القوى:

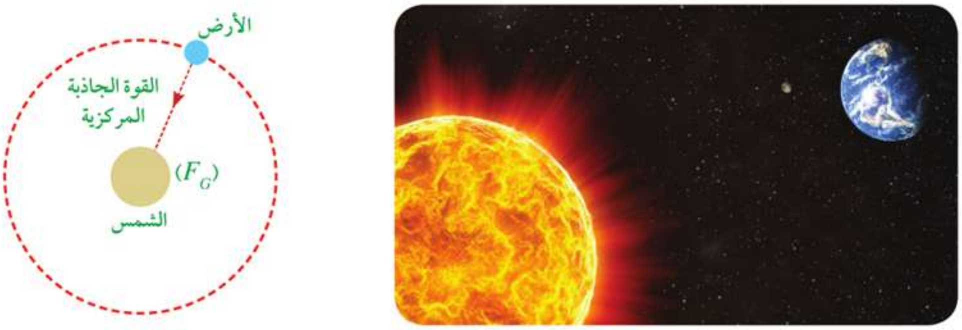
شكل (٥) : لماذا يشعر الرياضى بقوة شد فى ذراعية أثناء دورانه؟

١ — ١ قوة الشد (F_T): عند سحب جسم باستخدام حبل أو سلك تنشأ فيه قوة شد، وعندما تكون هذه القوة فى اتجاه عمودى على اتجاه حركة جسم يتحرك بسرعة ثابتة، فإنه يتحرك فى مسار دائرى، وتكون قوة الشد هى نفسها القوة الجاذبة المركزية.



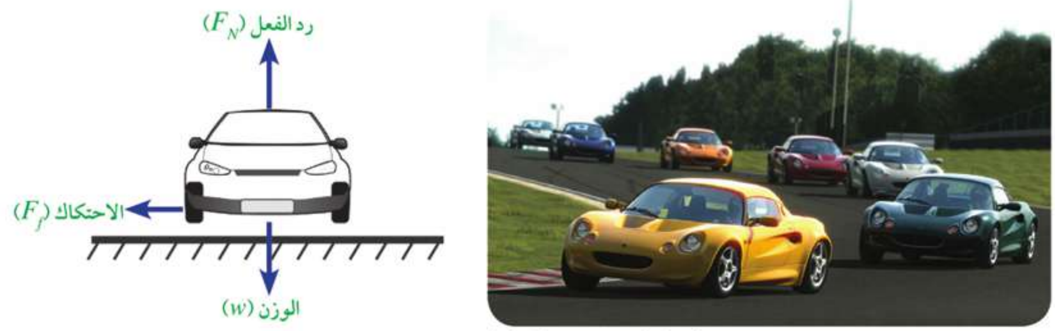
شكل (٦) : تعمل قوة الشد فى الخيط كقوة جاذبة مركزية

١–٢ قوة التجاذب المادى(F_G): تنشأ بين الأرض والشمس قوة تجاذب عمودية على اتجاه حركة الأرض، لذا تتحرك الأرض فى مسار دائرى حول الشمس.


الأرض
القوة الجاذبة المركزية
(F_G)
الشمس

شكل (٧) : تعمل قوة التجاذب المادى كقوة جاذبة مركزية

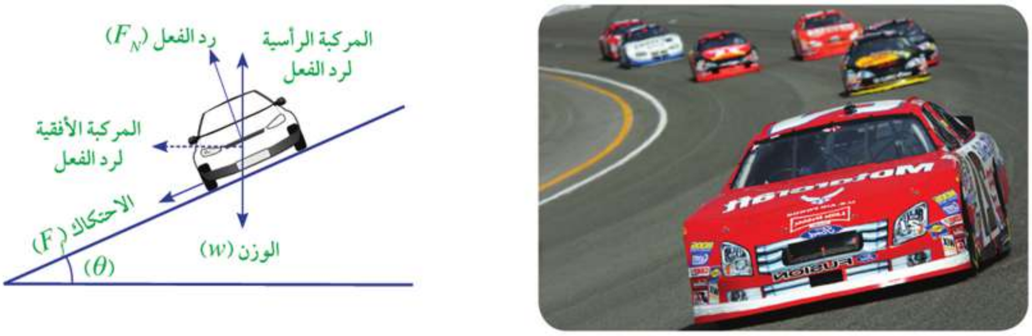
١–٣ قوة الاحتكاك (F_f): عندما تنعطف سيارة فى مسار دائرى أو منحنى تنشأ قوة احتكاك بين الطريق وإطارات السيارة، وتكون هذه القوة عمودية على اتجاه حركة السيارة وفى اتجاه مركز الدائرة وبالتالى تتحرك السيارة فى المسار المنحنى.


رد الفعل (F_N)
الاحتكاك (F_f)
الوزن (w)

شكل (٨) : تعمل قوة الاحتكاك كقوة جاذبة مركزية

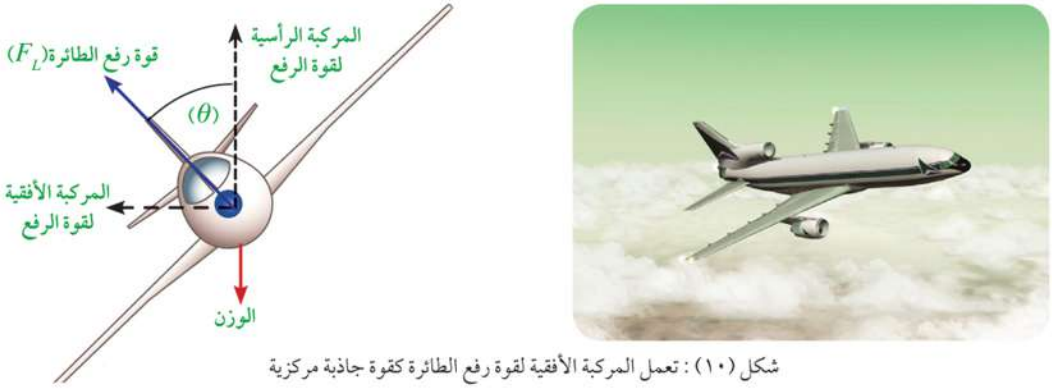
١–٤ قوة رد الفعل (F_N): تؤثر قوة رد الفعل دائمًا عموديًا على السيارة، وفى حالة إذا كان المسار الدائري للسيارة مائلًا بزاوية على الأفقى تنتج مركبة أفقية لقوة رد الفعل باتجاه مركز الدائرة تساعد على دوران السيارة.

وفى هذه الحالة تكون القوة الجاذبة المركزية هى مجموع مركبة قوة رد الفعل الأفقية وقوة الاحتكاك باتجاه مركز الدوران.


رد الفعل (F_N)
المركبة الرأسية لرد الفعل
المركبة الأفقية لرد الفعل
الاحتكاك (F_f)
الوزن (w)
(θ)

شكل (٩) : القوة الجاذبة المركزية هى مجموع مركبتى رد الفعل والاحتكاك فى الاتجاه الأفقى

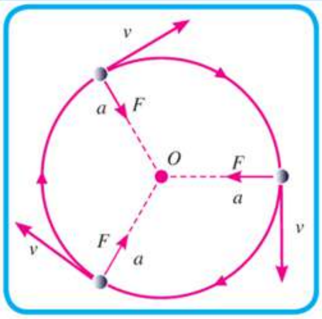
١ــ٥ قوة الرفع (F_L): تؤثر قوة رفع الطائرة دائما عموديا على جسم الطائرة، وعندما تميل الطائرة تنتج مركبة أفقية لقوة الرفع باتجاه مركز الدائرة فتكون هى القوة المركزية المؤثرة على الطائرة.


قوة رفع الطائرة (F_L)
المركبة الرأسية لقوة الرفع
(θ)
المركبة الأفقية لقوة الرفع
الوزن

شكل (١٠) : تعمل المركبة الأفقية لقوة رفع الطائرة كقوة جاذبة مركزية

٢-العجلة المركزية Centripetal Acceleration

عندما تؤثر قوة مقدارها (F) عموديًا على اتجاه حركة جسم كتلته (m) وسرعته (v) فإنه يتحرك فى مسار دائرى نصف قطره (r)، ويحدث تغير فى اتجاه السرعة، وبالتالى تكون للجسم عجلة (a) تسمى بالعجلة المركزية ويكون اتجاهها فى نفس اتجاه القوة الجاذبة المركزية.


v
a
F
O
F
a
v
v
F
a

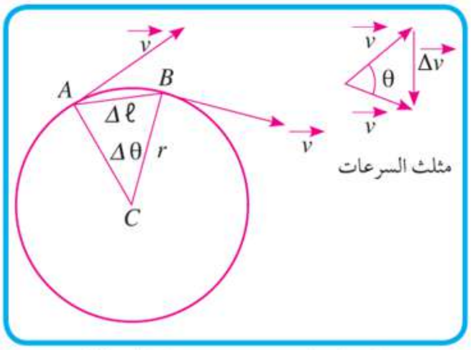
شكل (١١) : متجه السرعة ومتجه العجلة أثناء الحركة المنتظمة فى مسار دائرى

ويبين الرابط التالى كيفية حساب العجلة المركزية

العجلة المركزية (a): هى العجلة التى يكتسبها الجسم فى الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة.

ويلاحظ من الشكل (١٢) أنه عند تحرك الجسم من النقطة (A) إلى النقطة (B) أن السرعة (v) تتغير فى الاتجاه، ولكن تحتفظ بمقدارها ثابتًا؛ وبذلك فإن التغير فى السرعة (Δv) ينتج عن التغير فى اتجاه السرعة فقط.

حساب قيمة العجلة المركزية:


$\vec{v}$
A
B
$\Delta \ell$
$\Delta \theta$
r
C
$\vec{v}$
$\vec{v}$
θ
$\vec{\Delta v}$
$\vec{v}$
مثلث السرعات

شكل (١٢) : حركة جسم من (A) إلى (B)

من تشابه المثلث (CAB) مع مثلث السرعات المبين فى شكل (١٢) يمكن كتابة العلاقة الآتية:

$$\frac{\Delta \ell}{r} = \frac{\Delta v}{v} \qquad (1)$$

حيث Δv فى اتجاه مركز الدائرة

$$\therefore \Delta v = \frac{\Delta \ell}{r} . v \qquad (2)$$

فإذا انتقل الجسم من النقطة (A) إلى النقطة (B) فى فتره زمنيه (Δt) فإن العجلة فى اتجاه المركز (a) تحسب بقسمة المعادلة (2) على (Δt):

$$\therefore a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = v \frac{\Delta \ell}{\Delta t} \quad \frac{1}{r}$$

∴ وحيث أن $\frac{\Delta \ell}{\Delta t}$ يساوى (v) فإن العجلة المركزية تساوى:

$$\therefore a = \frac{v^2}{r} \qquad (3)$$

حساب قيمة القوة الجاذبة المركزية (F):

من قانون نيوتن الثانى تعطى القوة من العلاقة $(F = m\,a)$ أى أن:

القوة المركزية أثناء الحركة الدائرية المنتظمة = الكتلة × العجلة المركزية

وبالتعويض عن قيمة العجلة المركزية من العلاقة (3) نجد أن:

$$\boxed{\therefore F = m \times \frac{v^2}{r}} \qquad (4)$$

حساب قيمة السرعة المماسية (v):

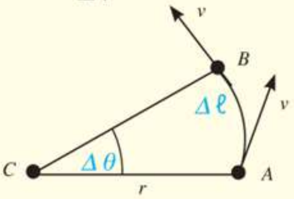
إذا افترضنا أن الجسم قام بعمل دورة كاملة فى المسار الدائري خلال زمن قدره (T) ويطلق على هذا الزمن مصطلح الزمن الدوري، وخلال هذا الزمن يكون قد قطع مسافة مقدارها محيط الدائرة وهو $(2\pi r)$ وبالتالى يمكن حساب السرعة المماسية (سرعة الدوران) على النحو التالي:

$$v = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{2\pi r}{T}$$

معنى ذلك أنه يمكن حساب السرعة المماسية (v) بمعلومة كل من الزمن الدوري (T) ونصف قطر الدوران (r).

معلومة إثرائية

- إذا تحرك جسم بسرعة مماسية (v) فى دائرة نصف قطرها (r) من النقطة (A) إلى النقطة (B) ليقطع مسافة (Δl) وزاوية قدرها ($\Delta \theta$) فى زمن قدره (Δt) فإن المقدار ($\frac{\Delta \theta}{\Delta t}$) يعرف بالسرعة الزاوية ($\omega$).



$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \qquad (1)$$

ومن المعروف أن قيمة الزاوية بالتقدير الدائرى تساوى النسبة بين طول القوس إلى نصف قطر المسار.

أى أن:

$$\Delta \theta = \frac{\Delta \ell}{r}$$

وبالتعويض عن قيمة ($\Delta \theta$) فى المعادلة (1) نجد أن:

$$\omega = \frac{\Delta \ell}{\Delta t} \times \frac{1}{r} = \frac{v}{r}$$

$$\therefore v = \omega r$$

∴ السرعة المماسية = السرعة الزاوية × نصف القطر

وحيث إن

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

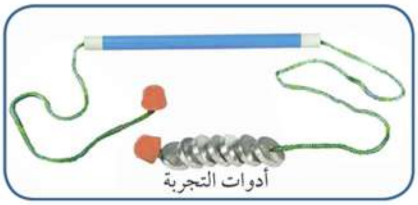
$$\therefore \omega r = \frac{2\pi r}{T}$$

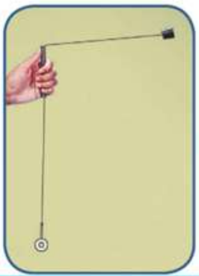
$$\therefore \omega = \frac{2\pi}{T}$$

المعمل المصغر

إثبات صحة علاقة القوة الجاذبية المركزية:

- اربط سدادة مطاطية كتلتها (m) فى خيط ثم مرر الخيط خلال أنبوبة معدنية أو بلاستيكية (مثل: أنبوبة القلم) وبعد ذلك اربط الطرف الآخر بثقل كتلته (M).
- عندما نحرك قطعة المطاط فى مسار دائرى فإن القوة الجاذبة المركزية تنشأ من قوة شد الخيط (F_T) والذي يساوى وزن الثقل المعلق. أى أن: $F = F_T = Mg$
- باستخدام المواد السابقة وساعة إيقاف أثبت عمليًّا صحة العلاقة: $F = Mg = m\frac{v^2}{r}$


أدوات التجربة



مثال محلول

فى التجربة السابقة كانت كتلة السدادة المطاطية ($13\ g$)، وأديرت السدادة فى مسار دائرى أفقي نصف قطره ($0.93\ m$) لتصنع (50 دورة) فى زمن قدره ($59\ s$) ، احسب كتلة الثقل المعلق فى الطرف الآخر للخيط.

الحل:

حساب الزمن الدورى:

$$T = \frac{\text{الزمن الكلى}}{\text{عدد الدورات}} = \frac{59}{50} = 1.18\ s$$

حساب السرعة:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2 \times 3.14 \times 0.93}{1.18} = 4.9\ m/s$$

حساب قوة الشد:

$$F = m\,\frac{v^2}{r} = 0.013 \times \frac{(4.9)^2}{0.93} = 0.34\ N$$

حساب كتلة الثقل:

$$M = \frac{F}{g} = \frac{0.34}{9.8} = 0.035\ kg$$

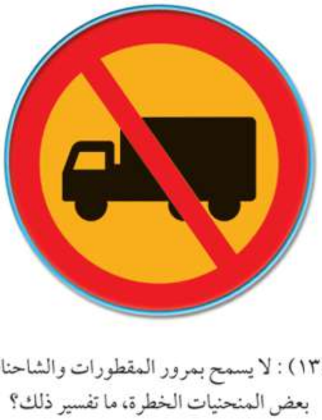
العوامل التى تتوقف عليها القوة الجاذبة المركزية:

من الضروري حساب القوة الجاذبة المركزية عند تصميم منحنيات الطرق والسكك الحديدية، وذلك لكي تتحرك السيارات والقطارات فى هذا المسار المنحنى دون أن تنزلق، ومن خلال دراسة العلاقة (4) يمكن التوصل إلى أن القوة الجاذبة المركزية تتوقف على العوامل التالية:

١ — كتلة الجسم (**m**): حيث تتناسب القوة الجاذبة المركزية طرديًا مع الكتلة (عند ثبات v ، r)، فالقوة اللازمة لتتحرك دراجة فى مسار منحنى أقل من القوة اللازمة لتتحرك شاحنة فى نفس المسار، وهذا يفسر منع حركة سيارات النقل الثقيل على بعض المنحنيات الخطرة.

شاهد فيلم على موقع الكتاب

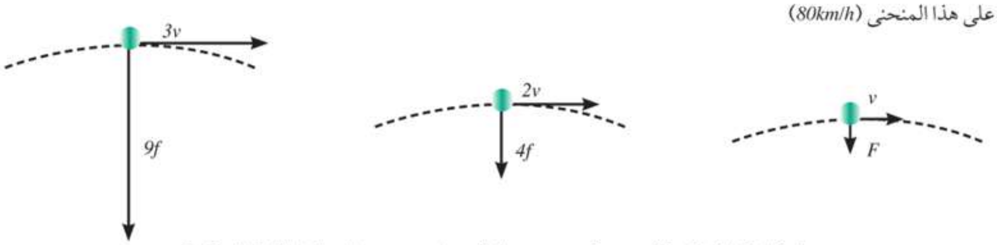
لحظة إنزلاق سيارة من قمة منحدر



شكل (١٣) : لا يسمح بمرور المقطورات والشاحنات على بعض المنحنيات الخطرة، ما تفسير ذلك؟

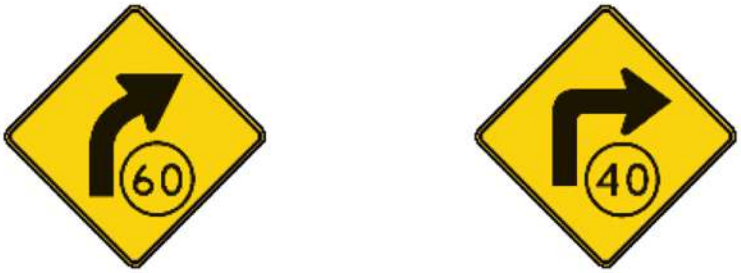
شكل (١٤) : السرعة القصوى على هذا المنحنى (*80km/h*)

٢ — السرعة المماسية (v): حيث تتناسب القوة المركزية طرديًا مع مربع السرعة (عند ثبات r ، m)، فكلما زادت سرعة السيارة احتاجت لقوة جاذبة مركزية أكبر للحركة على المسار المنحنى، لذلك يحدد مهندسو الطرق سرعة معينة للحركة عند المنحنيات لا ينبغى تجاوزها.



شكل (١٥) : تأثير تغير سرعة جسم يتحرك فى مسار منحنى على مقدار القوة المركزية

٣ — نصف قطر الدوران (r): حيث تتناسب القوة المركزية عكسيًا مع نصف قطر المسار (عند ثبات m ، v)، فكلما قل نصف قطر المنحنى احتاجت السيارة لقوة مركزية أكبر لتدور فيه، وبالتالى تزداد خطورة هذا المنحنى، ولتجنب ذلك ينبغي السير بسرعة صغيرة على المنحنيات الخطرة.



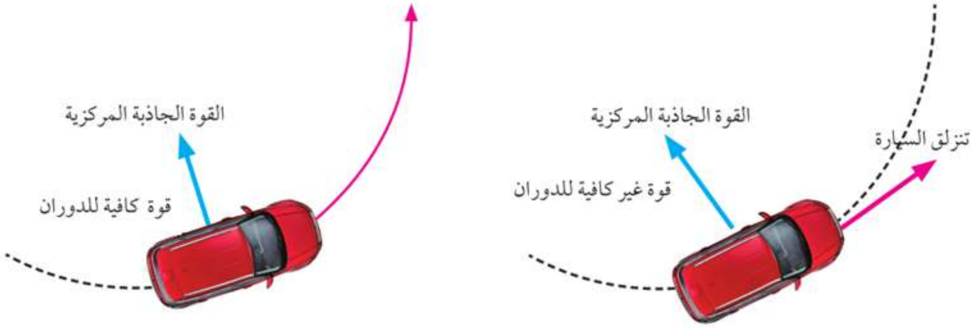
شكل (١٦) : لماذا تكون السرعة القصوى (*40km/h*) على المنحنى الأقل فى نصف القطر وتكون (*60km/h*) على المنحنى الأكبر فى نصف القطر؟

ما تأثير تناقص القوة المركزية على نصف قطر الدوران؟

عندما تتناقص القوة المركزية فإن هذا يعنى أن نصف القطر سيزداد؛ وذلك لأن ($F \alpha \frac{1}{r}$) ، أى أن الجسم سيبتعد عن مركز الدائرة، وإذا أصبحت القوة المركزية صفرًا فإنه سيتحرك فى خط مستقيم بسبب القصور الذاتى.

فإذا افترضنا أن سيارة تتحرك على مسار منحنى وكان الطريق لزجًا فإن قوى الاحتكاك تكون غير كافية لإدارة السيارة فى المسار المنحنى فتنزلق السيارة وتزحف الإطارات على الطريق الجانبى، ولا يمكن للسيارة أن تستمر فى المسار المنحنى.

شكل (١٧) : لماذا تنطلق شظايا المعدن المتوهجة باتجاهات مستقيمة وبسرعات مماسية عند استعمال حجر المسن الكهربائى؟



شكل (١٨) : تنزلق السيارة خارج المسار المنحنى إذا كانت القوة الجاذبة المركزية غير كافية

أنشطة خارج حجرة الدراسة:

قم بزيارة إدارة المرور فى محافظتك وذلك للتعرف على الجهود التى يبذلها رجال المرور فى خدمة المواطنين، وكذلك تعرف أهم أسباب حوادث الطرق وكيفية الوقاية منها.

تطبيقات حياتية

- يستفاد من ظاهرة حركة الأجسام بعيدًا عن المسار الدائري عندما تكون القوة الجاذبة المركزية غير كافية للحركة فى المسار الدائرى فى العديد من التطبيقات الحياتية والتى منها تجفيف الملابس، وصنع غزل البنات، ولعبة البراميل الدوارة فى الملاهى .... ففى تجفيف الملابس على سبيل المثال نجد أن جزيئات الماء ملتصقة بالملابس بقوة معينة، وعند دوران المجفف بسرعة كبيرة تكون هذه القوة غير كافية لإبقاء الجزيئات فى مدارها، وبالتالى تنطلق باتجاه المماس لمحيط دائرة الدوران وتنفصل عن الملابس.

شكل (١٩) : عند دوران المجفف بسرعة كبيرة تنطلق جزيئات الماء باتجاه المماس لمحيط دائرة الدوران

مثال محلول

حجر كتلته (600 g) مربوط فى خيط طوله (10 cm) ويدور بسرعة (3 m/s) احسب القوة الجاذبة المركزية، وما الذى تتوقع حدوثه إذا كانت أقصى قوة شد يتحملها الخيط هى (50 N) ؟

الحل:

حساب القوة الجاذبة المركزية:

$$F = m\frac{v^2}{r} = 0.6 \times \frac{(3)^2}{0.1} = 54\ N$$

وحيث إن القوة الجاذبة المركزية أكبر من أقصى قوة شد يتحملها الخيط لذا فإنه سينقطع ويتحرك الحجر فى خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائري الذى كان يسلكه لحظة انقطاع الخيط.

الأنشطة والتدريبات

الفصل الأول

قوانين الحركة الدائرية

الأمان والسلامة :

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تصف حركة جسم فى دائرة.
- تشرح المقصود بالقوة الجاذبة المركزية.

المهارات المرجو اكتسابها :

- الملاحظة - الوصف - الاستنتاج.

المواد والأدوات :

كرة تنس - خيط.

أولاً - التجارب العملية

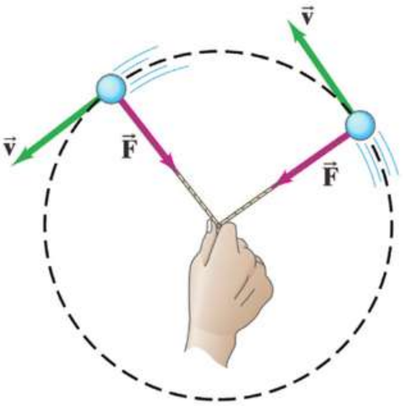
(١) بيان الحركة فى الدائرة:

فكرة التجربة:

علمنا أن القوة المركزية تلزم لدوران جسم فى مسار دائرى وتسمى القوة المركزية الجاذبة *Centripetal Force*

وتهدف التجربة إلى وصف حركة جسم يدور فى مسار دائرى وإدراك مفهوم القوة الجاذبة المركزية.

خطوات العمل:



(١) اربط كرة تنس بخيط، واترك باقى الخيط بطول مناسب (حوالى *120 cm*).

(٢) ارسم بالقلم الرصاص دائرة ذات نصف قطر مناسب.

(٣) ضع الكرة عند نقطة على محيط الدائرة.

(٤) أمسك طرف الخيط بيدك عند موضع مركز الدائرة.

٥ أدر الكرة بسرعة مناسبة، بحيث تتحرك على محيط الدائرة الذى رسمته.

٦ كرر الخطوة السابقة بأطوال مختلفة ($25 - 50 - 75 - 100\ cm$)، وذلك بمساعدة أفراد مجموعتك.

٧ اترك الخيط فجأه من يدك وسجِّل الاتجاه الذى تتحرك فيه الكرة.

الملاحظات:

طول الخيط	وصف الحركة
25 cm	....
50 cm	....
75 cm	....
100 cm	....

- هل شعرت بضرورة جذب الخيط للداخل لتستمر الكرة فى الدوران فى مسارها؟ (نعم/ لا).
- عندما تركت الخيط فجأه: هل لاحظت أن الكرة تستمر فى المسار الدائرى، أم تنطلق فى اتجاه السرعة المماسة الخطية فى خط مستقيم؟

....

....

....

- ارسم سهمًا من نقطة على محيط الدائرة فى اتجاه حركة الكرة التى تركتها.

....

....

....

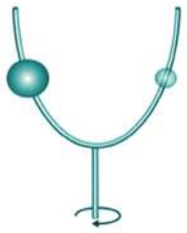
- فسر النتائج التى حصلت عليها.

....

....

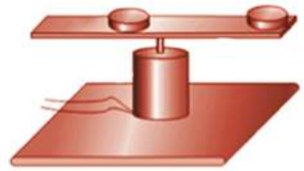
ثانيا - الأنشطة التقويمية

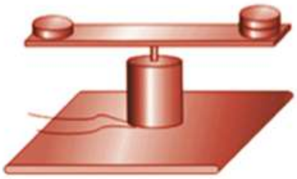
١ اشرح فكرة عمل أجهزة الفصل المركزى التى تعتمد على مبادىء الحركة فى دائرة، ثم اعرض لبعض استخداماتها فى المجالات المختلفة مثل: فصل خلايا الدم عن البلازما، وفصل اليورانيوم عن الشوائب فى عملية تخصيب اليورانيوم، وفصل القشدة عن اللبن ....



٢ مستعينًا بزملائك صمِّم جهازًا كالموضح بالشكل، والذى يتكون من سلك معدنى يدخل فى ثقبى كرتين إحداهما بلاستيكية خفيفة والأخرى حديدية ثقيلة، ثم أدر السلك باستخدام محرك صغير. أى الكرتين سترتفع إلى أعلى أكثر من الأخرى؟ لماذا؟

٣ صمم الجهاز المبين بالصورة بتثبيت مركز مسطرة على محور محرك صغير، وتثبيت المحرك على قاعدة خشبية ووصل المحرك مع بطارية، ثم استخدم هذا الجهاز فى دراسة العلاقة بين القوة الجاذبة المركزية ونصف قطر الدوران، وكذلك القوة الجاذبة المركزية والكتلة.





ثالثًا - الأسئلة والتدريبات

١ أكمل العبارات الصحيحة التالية بما يناسبها:

أ فى الحركة الدائرية المنتظمة يكون اتجاه العجلة المركزية دائمًا نحو .... والقوة المركزية تكون فى اتجاه .... ولا يحدث تغير فى قيمة .... ولكن يحدث تغير فى ....

ب فى الحركة الدائرية المنتظمة تسمى القوة ثابته المقدار العمودية على اتجاه السرعة الخطية بـ ....

جـ فى الحركة الدائرية المنتظمة تتميز السرعة المماسية للجسم بأنها .... وأنها ....

د تعتمد قيمة العجلة المركزية أثناء الحركة الدائرية المنتظمة على ....، وكذلك على ....

٢ علل لما يأتى:

أ رغم أن الجسم الذى يتحرك حركة دائرية منتظمة يتأثر بقوة مركزية جاذبة نحو المركز، لكنه لا يقترب أبدًا من مركز الدائرة.

....

ب عند المنعطف يميل راكب الدراجة بدراجته وجسمه نحو مركز المسار الدائرى.

....

جـ عندما تنعطف السيارة عند المنحنى تحافظ على سيرها فى المنحنى ولا تحيد عنه.

....

٣ جسم كتلته ($100\ gm$) يتحرك فى على محيط دائرة نصف قطرها ($50\ cm$) حركة دائرية منتظمة، بحيث يستغرق زمنًا قدره ($90\ s$) لعمل (45) دورة كاملة.

احسب: أ زمن الدورة. ب السرعة الخطية. جـ العجلة المركزية.

....

....

....

٤ حدد نوع القوة الجاذبة المركزية (تجاذب مادى ، تجاذب كهربى ، قوة شد، قوة رد الفعل ، قوة رفع) فى كل حالة من الحالات الآتية:

دوران القطار

الدوران فى لعبة الكراسى الطائرة

دوران الطائر

٥ عند تدوير حجر مثبت فى نهاية خيط فى مسار دائرى. ما اتجاه القوة المؤثرة عليه؟ ما فائدتها؟ ما اتجاه الحركة إذا انقطع الخيط؟

....

٦ ما اتجاه القوة التى يؤثر بها حزام الأمان على سائق السيارة عندما تنعطف السيارة؟

....

٧ رُبط جسم كتلته 2kg فى طرف خيط ليدور فى مسار دائرى أفقى نصف قطره 1.5m بحيث يصنع (3) دورات فى الثانية. احسب.

أ السرعة الخطية (المماسية).

....

ب العجلة المركزية.

....

جـ قوة شد الحبل للجسم.

....

٨ سيارة كتلتها 1000kg تتحرك بسرعة ثابتة 5m /s تدور حول منحنى نصف قطره 50m. احسب قوة الاحتكاك المركزية التى تحافظ على حركة السيارة حول المنحنى.

....

٩ راكب دراجة يتحرك فى مسار دائرى بسرعة مماسية مقدارها 13.2 m/s إذا كان نصف قطر المسار 40 m والقوة التى تحافظ على الدراجة فى مسارها الدائرى تساوى 377 N ، فاحسب كتلة الدراجة والراكب معًا.

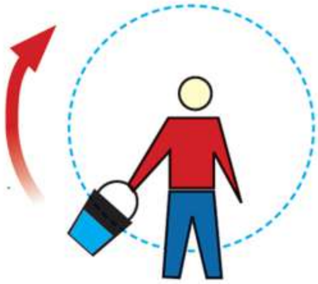
....

....

١٠ سيارة سباق كتلتها 905 kg تتحرك فى مسار دائرى طوله 3.25 km، احسب السرعة المماسية للسيارة إذا كانت القوة اللازمة للحفاظ على الحركة الدائرية للسيارة تساوى 2140 N .

....

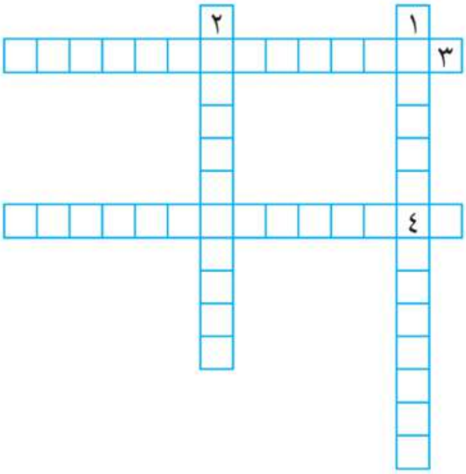
١١ هل يظل الماء فى الدلو عندما تقوم بتدويره فى مسار رأسى كما فى الشكل؟ فسِّر إجابتك.



....

....

١٢ أكمل الكلمات المتقاطعة التالية:



أفقيًا:

(٣) العجلة التى يكتسبها الجسم فى الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة.

(٤) القوة التى تؤثر باستمرار فى اتجاه عمودى على حركة الجسم، فتحول مساره المستقيم إلى مسار دائرى.

رأسيًا:

(١) حركة جسم فى مسار دائرى بسرعة ثابتة فى المقدار ومتغيرة فى الاتجاه.

(٢) الزمن الذى يقطع فيه الجسم محيط الدائرة.

الفصل الثانى

الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

Universal Gravitation and Circular Motion

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تستنتج قانون الجذب العام.
- تفسر دوران القمر حول الأرض فى مسار ثابت.
- تستنتج عوامل تغير سرعة قمر صناعي أثناء حركته حول الأرض.

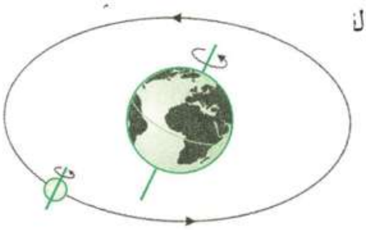
مصطلحات الفصل :

الجذب العام	*Universal gravitation*
ثابت الجذب العام	*Gravitational constant*
مجال الجاذبية	*Gravitational field*
شدة مجال الجاذبية	*Intensity of the gravitational field*
القمر الصناعى	*Satellite*
السرعة الحرجة	*Critical velocity*

مصادر التعلم الألكترونية :

- **فيلم تعليمى:** مقدمة عن قانون الجذب العام.
  http://www.youtube.com/watch?v=Jk5E-CrE1zg
- **لعبة إلكترونية:** فكرة القمر الصناعى.
  https://sites.google.com/site/physicsflash/home/gravity

قد درس نيوتن طبيعة هذه ال على كتل الأجسام المتجاذبة كما تتوقف على المسافة الفاصلة، وذلك على النحو التالى:



شكل (٢٢) : حركة القمر حول الأرض

> **«كل جسم مادى فى الكون يجذب أى جسم آخر بقوة تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيًا مع مربع البعد بين مركزيهما».**

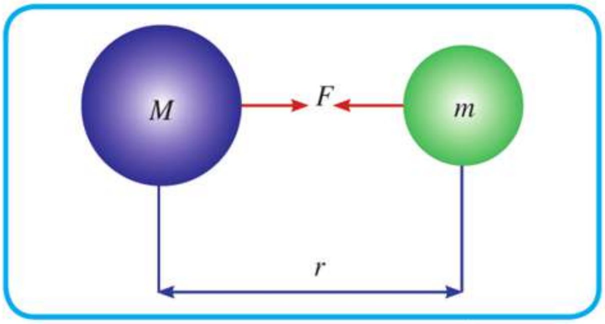
ويكتب القانون على الصورة:

$$F = G\,\frac{Mm}{r^2} \qquad (1)$$

حيث (r) هى البعد بين مركزى الجسمين و (G) ثابت التناسب وهو ثابت كونى عام يعرف بثابت الجذب العام وقيمته تساوى:

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \quad N.m^2\,kg^{-2}$$

$$= 6.67 \times 10^{-11} \quad m^3.kg^{-1}.s^{-2}$$



والجدير بالذكر أن قوة الجذب هى قوة متبادلة بين الجسمين فكل منها يجذب الآخر نحوه بنفس القوة، وبسبب عمومية هذا القانون فإنه يعرف **بقانون الجذب العام**.

علماء أفادوا البشرية

- للعلماء العرب دور عظيم فى تطوير علم الفلك والاستفادة منه، ومن أمثال علماء الفلك البيرونى (أبو الريحان محمد) والذى نجح فى قياس محيط الكرة الأرضية وآخرون، مثل على بن عيسى الأسطرلابى وعلى البحترى.

شكل (٢٣) : أبو الريحان البيرونى

مثال محلول

كرتان صغيرتان كتلة كل منهما (7.3kg) موضوعتان على مسافة بين مركزيهما تساوى (0.5 m) احسب قوة الجاذبية المتبادلة بينهما واكتب التعليق المناسب.

الحل:

من قانون الجذب العام فإن قوة الجذب تساوى:

$$F = \frac{G\,Mm}{r^2} = \frac{(6.67 \times 10^{-11})\ (7.3)^2}{(0.5)^2}$$

$$F = 1.4 \times 10^{-8}\ N$$

فى هذا المثال نلاحظ أن قوة الجذب المتبادلة بين الكرتين صغيرة جدًا وتعادل وزن حبة رمل من رمال الشاطىء.

معلومة إثرائية

- نلاحظ أن قيمة ثابت الجذب العام صغيره جدًا، لذلك لا تكون قوة الجاذبية بين الأجسام مؤثرة وكبيرة إلا عندما تكون الكتل كبيرة أو تكون المسافات الفاصلة بين الأجسام صغيرة، أو كلاهما معًا.

٢- مجال الجاذبية Gravitational Field

علمنا أن قوى الجاذبية تتناسب عكسيًا مع مربع البعد بين مركزى الجسمين، لذلك فهى تتناقص بشدة حتى يصل البعد بينهما إلى مسافة يتلاشى عندها أثر الجذب لكل منهما على الآخر.

ويوجد داخل هذه المسافة قوى جذب؛ لذلك نعرف مجال الجاذبية بأنه: «الحيز الذى تظهر فيه قوى الجاذبية».

شدة مجال الجاذبية الأرضية:

هى قوة جذب الأرض لكتلة تساوى (1 kg) ونرمز لها بالرمز "g" وتساوى عدديًا عجلة الجاذبية الأرضية وبتطبيق قانون الجذب العام نجد أن:

$$g = \frac{GM}{r^2} \qquad (2)$$

حيث: (M) كتلة الأرض = $5.98 \times 10^{24}\ kg$

$$r = R + h$$

(R) نصف قطر الكرة الأرضية $(R = 6378km)$

تواصل

من خلال موقع الكتاب على الإنترنت تواصل مع زملائك ومعلميك ومؤلفى الكتاب.

(h) الارتفاع عن سطح الأرض

من خلال العلاقة (2) استنتج العوامل التى تتوقف عليها قيمة عجلة الجاذبية الأرضية.

٣- الأقمار الاصطناعية Satellites

كان حلم الإنسان استكشاف الفضاء من حوله، وظل يطور أجهزة الرصد ويطور الصواريخ التى تقذف بمركبة فضائية لتدور حول الأرض أو تنطلق إلى أبعاد أكبر لتصل مثلًا إلى كوكب آخر، مثل المريخ.

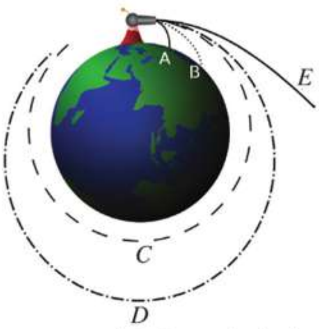
ولقد استيقظ العالم فى *4* من أكتوبر *1957* م على مفاجأة النجاح فى إرسال قمر صناعى (سبوتنيك) إلى الفضاء كأول تابع فضائى لكوكب الأرض، أعقب ذلك نجاح الإنسان فى إرسال أقمار أخرى، بل ونجح فى النزول على سطح القمر الطبيعى ولا يزال استكشاف الفضاء يتواصل بنجاح كبير.

شكل (٢٤) : صاروخ ينطلق لوضع القمر الصناعى فى مداره

شكل (٢٥) : قمر صناعي يدور حول الأرض

فكرة إطلاق القمر الصناعى:

يعتبر (إسحاق نيوتن) أول من شرح الأساس العلمي لإطلاق الأقمار الصناعية، حيث تصور أنه عند إطلاق قذيفة مدفع فى مستوى أفقي من قمة جبل فإنها ستسقط سقوطًا حرًّا، وتتخذ مسارًا منحنيًا نحو الأرض، وإذا زادت سرعة القذف فإنها ستصل إلى الأرض عند نقطة أبعد وتتبع مسارًا أقل انحناء، وعند تساوى انحناء مسار القذيفة مع انحناء سطح الأرض، فإنها تدور فى مسار ثابت، وتصبح تابعًا للأرض وتشبه فى دورانها حول الأرض دوران القمر الطبيعى حولها؛ لذلك يطلق عليها اسم القمر الصناعى *satellite*.



شكل (٢٦) : عند إطلاق قذيفة فى مستوى أفقى فإنها ستتخذ مسارًا منحنيًا

شكل (٢٧) : يدور القمر حول الأرض فى مسار ثابت

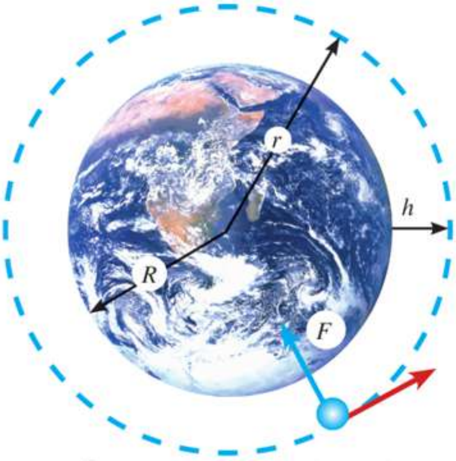
ماذا يحدث لو ...؟

شكل (٢٨) : القمر الصناعى

- **توقف القمر الصناعى وأصبحت سرعته صفرًا:** يتحرك فى خط مستقيم نحو الأرض ويسقط على سطحها.
- **انعدمت قوة الجاذبية بين الأرض والقمر الصناعى:** يتحرك القمر الصناعى فى خط مستقيم باتجاه المماس للمسار الدائرى مبتعدًا عن الأرض.

استنتاج السرعة المدارية للقمر الصناعى:

بفرض أن هناك قمرًا صناعيًّا كتلته (m) يتحرك بسرعة ثابتة (v) فى مدار دائرى نصف قطره (r) حول الأرض التى كتلتها (M) كما هو مبين فى الشكل:



شكل (٢٩) : مسار القمر الصناعى حول الأرض

ونلاحظ أن قوة التجاذب بين القمر والأرض تكون عمودية على مسار حركة القمر، وتعمل على حركته فى مداره الدائري، أى أن قوة التجاذب بين القمر والأرض هى نفسها القوة الجاذبة المركزية:

أى أن:

$$F = m\frac{v^2}{r} = G\frac{mM}{r^2}$$

$$\cancel{m}\frac{v^2}{r} = G \times \frac{\cancel{m}.M}{r^2}$$

ومن المعادلة السابقة يتضح أن سرعة القمر الصناعى فى مداره:

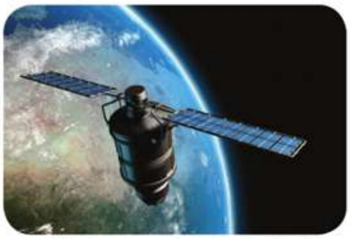
$$v = \sqrt{G\frac{M}{r}} \qquad (2)$$

قيمة السرعة (v) من المعادلة (2) تمثل السرعة اللازم إكسابها للقمر الصناعى حتى يدور حول الأرض.

وإذا كان الارتفاع الذى أطلق إليه في الفضاء (h) فإن: $r = R + h$

حيث R نصف قطر الأرض.

رامل تغير سرعة قمر صناعى أثناء حركته حول كوكب :


شكل (٣٠) : القمر الصناعى حول الأرض

من العلاقة (2) يتضح أن سرعة القمر الصناعى فى مداره لاتعتمد على كتلته.

ولكنها تعتمد على العوامل الآتية:

- كتلة الكوكب الذى يدور حوله.
- ارتفاع القمر الصناعى عن مركز الكوكب الذى يدور حوله.

معلومة إثرائية

- كلما زادت كتلة القمر الصناعى المراد إرسالة للفضاء احتجنا إلى صاروخ أكثر قدرة ليقذفه بعيدًا فى الفضاء ليكتسب السرعة اللازمة لدورانه حول الأرض.

أنشطة خارج حجرة الدراسة:

قم بزيادة لأحد المراصد الفلكية مثل مرصد حلوان (المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية) وذلك للتعرف على طبيعة العمل داخل المرصد، وجمع معلومات عن الأقمار الصناعية وكيفية إرسالها إلى الفضاء.

أمثلة محلولة

١ يدور القمر حول الأرض فى مسار دائرى نصف قطره ($3.85 \times 10^5\ km$) ويكمل دورة كاملة خلال (27.3 يوم)، احسب كتلة الأرض (ثابت الجذب العام = $6.67 \times 10^{-11}\ m^3\ kg^{-1}\ s^{-2}$)

الحل:

حساب الزمن الدورى: $T = 27.3 \times 24 \times 60 \times 60 = 2.36 \times 10^6\ s$

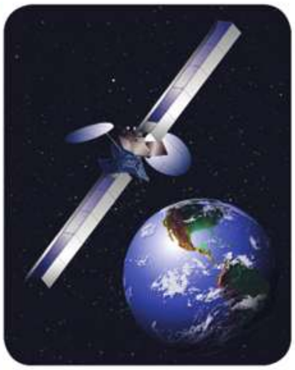
حساب سرعة القمر: $v = \dfrac{2\pi r}{T} = \dfrac{2 \times 3.14 \times 3.85 \times 10^5 \times 10^3}{2.36 \times 10^6} = 1025\ m/s$

حساب كتلة الأرض:

$$v^2 = G\frac{M}{r}$$

إذا:

$$M = \frac{v^2 \times r}{G} = \frac{(1025)^2 \times 3.85 \times 10^5 \times 10^3}{6.67 \times 10^{-11}} = 6 \times 10^{24}\ kg$$



٢ قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار شبه دائري على ارتفاع 940 km من سطح الأرض احسب : السرعة المدارية ، الزمن اللازم لكي يصنع دورة كاملة حول الأرض علمًا بأن:

$$(R = 6360\ \text{km},\ M = 6 \times 10^{24}\ \text{kg},\ G = 6.67 \times 10^{-11}\ \text{Nm}^2/\text{kg}^2)$$

الحل:

حساب نصف قطر دوران القمر حول الأرض:

$$r = R + h = 6360 + 940 = 7300\ \text{km} = 7.3 \times 10^6\ \text{m}$$

حساب السرعة المدارية:

$$v = \sqrt{G\frac{M}{r}}$$

$$v = \sqrt{6.67 \times 10^{-11}\ \frac{6\times10^{24}}{7.3\times10^{6}}}$$

$$v = 7.4\times10^{3}\ \text{m/s}$$

حساب الزمن الدوري:

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\times3.14\times7.3\times10^{6}}{7.4\times10^{3}} = 6195\ \text{s}$$

٣ قمر صناعي يتم دورته حول الأرض في (94.4 min) وطول مساره = 43120 km ، احسب : السرعة المدارية ، ارتفاع القمر عن سطح الأرض علما بان:

$$(R = 6360\ \text{km})$$

الحل:

حساب سرعة القمر المدارية:

$$v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{43120 \times 10^{3}}{94.4 \times 60} = 6713\ \text{m/s}$$

حساب ارتفاع القمر عن الأرض:

$$2\pi r = 43120 \times 10^{3}$$

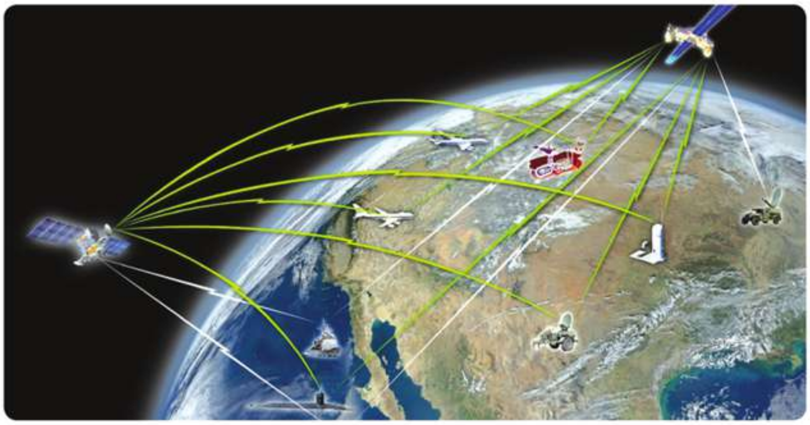
$$r = \frac{43120 \times 10^{3}}{2 \times \pi} = 6.86 \times 10^{6}\ \text{m} = 6860\ \text{km}$$

$$r = R + h$$

$$h = r - R = 6860 - 6360 = 500\ \text{km}$$

٤- أهمية الأقمار الصناعية: Importance of satellites

أَحْدَثَ استخدام الأقمار الصناعية ثورة حقيقية فى مجالات عديدة، حيث اعتبر القمر الصناعى بمثابة برج شاهق الارتفاع يمكن استخدامه فى إرسال واستقبال الموجات اللاسلكية، وهناك العديد من أنواع الأقمار الصناعية، والتى منها:



شكل (٣١) : للأقمار الصناعية العديد من الفوائد مجالات مختلفة

- **أقمار الاتصالات:** تسمح بالنقل التليفزيوني والإذاعى، والهاتفى من وإلى أى مكان على سطح الأرض.
- **الأقمار الفلكية:** عبارة عن تيليسكوبات كبيرة الحجم تسبح فى الفضاء، وتستطيع تصوير الفضاء بدقة.
- **أقمار الاستشعار عن بعد:** تستخدم فى دراسة ومراقبة الطيور المهاجرة، وتحديد المصادر المعدنية وتوزعها، ومراقبة المحاصيل الزراعية لحمايتها من مخاطر الطقس ودراسة تشكل الأعاصير ...
- **أقمار الاستطلاع والتجسس:** هى أقمار صناعية مهمتها توفير المعلومات التى تحتاجها القيادات السياسية والعسكرية لاتخاذ القرار وإدارة الحرب.

ويمكن معرفة أنواع وأهمية الأقمار الصناعية من خلال الروابط التالية:

الأنشطة والتدريبات

الفصل الثانى

الجاذبية الكونية والحركة الدائرية

الأمان والسلامة :

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تحسب شدة مجال الجاذبية.
- تحسب كتلة الأرض بمعلومية نصف قطرها.

المهارات المرجو اكتسابها :

- الملاحظة - الوصف - الاستنتاج.

المواد والأدوات :

عدد 3 بندول بكتل مختلفة - شريط مترى - ساعة إيقاف - مقص.

أولاً - التجارب العملية

قياس كتلة الأرض بمعلومية نصف قطرها:

فكرة التجربة:

سبق أن تعلمت فى الباب الثانى أنه عندما يسقط جسم من ارتفاع (d) خلال زمن قدره (t) ، فإنه يمكن حساب عجلة الجاذبية الأرضية من العلاقة:

$$d = \frac{1}{2} g t^2$$

أى أن:

$$g = \frac{2d}{t^2}$$

ويطلق على المقدار (g) أيضا مصطلح شدة مجال الجاذبية والذى يحسب من العلاقة:

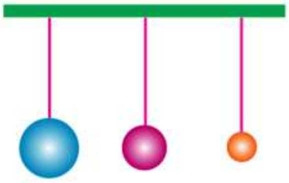
$$g = \frac{GM}{r^2}$$

حيث إن (G) هو ثابت الجذب العام، و (M) كتلة الأرض، و (r) هى البعد عن مركز الأرض وهو فى هذه التجربة يساوى تقريبًا نصف قطر الأرض (R).

وبناء على ما سبق فإنه يمكن تعيين كتلة الأرض بمعلومية نصف قطرها، ويتم ذلك باتباع خطوات هذه التجربة.

خطوات العمل:

① علق عدد 3 بندول كما هو مبين بالشكل كل بخيط، بحيث تكون المسافة بين مركز كرة البندول والأرض متساوية لكل منها وقيمتها كبيرة، ولتكن بالقياس تساوى (d) (سجل هذه القيمة).



② قص الخيط عند نقطة التعليق للبندول الأول وفى نفس لحظة سقوط الكرة يسجل زميلك الزمن (t) حتى الوصول للأرض.

③ كرر العمل بالنسبة للبندول الثانى والثالث.

النتائج:

دون النتائج التى تحصل عليها فى الجدول التالى:

الكرة	الارتفاع d (m)	الزمن (t)	شدة مجال الجاذبية $g=2\,d/t^2$
الكرة الأولى	....	....	....
الكرة الثانية	....	....	....
الكرة الثالثة	....	....	....

من خلال النتائج: هل تعتمد شدة مجال الجاذبية على كتلة الكرة؟ ولماذا؟

....

تحليل النتائج:

بمعلومية شدة مجال الجاذبية التى سبق حسابها ونصف قطر الأرض ($R = 6.38 \times 10^{6} m$) وثابت الجذب العام ($G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2\ kg^{-2}$)، احسب كتلة الأرض باستخدام العلاقة: $g= GM/R^2$

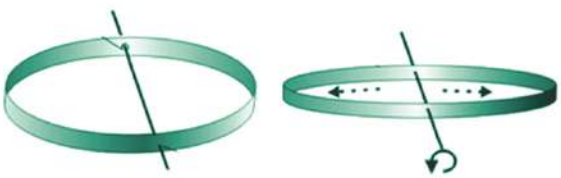
....

ثانيا - الأنشطة التقويمية

① استخدم موقع *wikimapia* فى إيجاد صور بالقمر الصناعى لمدرستك أو منزلك.

② اكتب بحثًا عن أهمية الأقمار الصناعية فى مجالات الأرصاد الجوية، ومجال الاتصالات، والزراعة، والدفاع العسكرى...

③ نعرف أن الكرة الأرضية ليست كروية تمامًا، وإنما مفلطحة عند خط الاستواء، وهذا ناتج عن تأثير القوة المركزية بسبب دوران الأرض حول نفسها، ولتفسير ذلك صمم نموذجًا كالموضح بالصورة، والذى يتكون من سلك معدنى وحلقة مصنوعة من صورة أشعة، حيث تثقب الحلقة ثقبين ليمر خلالها السلك، وعند تدوير السلك تتفلطح الحلقة الدائرية.



ثالثًا - الأسئلة والتدريبات

١ تخير الإجابة الصحيحة مما يلى:

أ عجلة الجاذبية الأرضية:

- ثابت كونى عام.
- متغيرة حسب الارتفاع عن سطح الأرض.
- تختلف باختلاف فصول السنة.
- متغيرة حسب بعد الأرض عن الشمس.

ب السرعة اللازمة ليدور القمر الصناعى حول الأرض:

- تعتمد على كتلته فقط.
- تعتمد على كتلة الأرض فقط.
- تعتمد على كتلة الأرض والبعد بينهما.
- مقدار ثابت.

جـ السرعة اللازمة لدوران الأرض حول الشمس تعتمد على:

- كتلة الأرض فقط.
- كتلة الشمس فقط.
- كتلة الشمس والأرض والبعد بينهما.
- كتلة الشمس والبعد بينهما.

٢ أى نقطة من سطح الأرض يكون لها أكبر سرعة خطية بالنسبة لمحور دوران الأرض؟ هل النقطة عند خط الاستواء أم تلك التى تقع عند مدارى الجدى والسرطان؟

....

....

٣ إذا كانت كتلة كوكب عطارد($3.3 \times 10^{23} kg$) ونصف قطره ($2.439 \times 10^{6} m$) ، فكم يكون وزن جسم كتلته ($65\ kg$) على سطحه وكم يكون وزن نفس الجسم على سطح الكرة الأرضية؟

علمًا بأن ثابت الجذب العام $G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^{2}\ .\ kg^{-2}$

....

....

٤ قمر صناعى يدور فى مسار على ارتفاع ($h = 300\ km$) من سطح الأرض أوجد:

أ سرعته فى مداره.

ب زمن دورة القمر الصناعى حول الأرض.

جـ قيمة العجلة المركزية الجاذبة له أثناء حركته.

علمًا بأن:

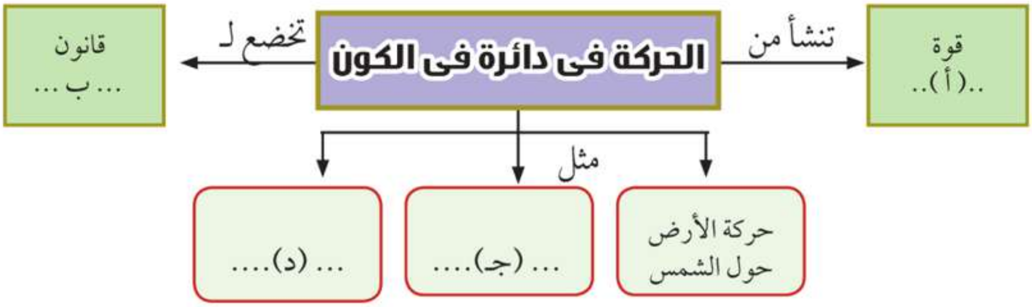
نصف قطر الأرض $R = 6378\ km$

عجلة الجاذبية الأرضية عند سطح الأرض $g = 9.8\ m/s^2$

....

....

٥ أكمل المخطط التالى:


الحركة فى دائرة فى الكون
تنشأ من
قوة ..(أ)..
تخضع لـ
قانون ... ب ...
مثل
حركة الأرض حول الشمس
... (جـ)....
... (د)....

٦ أكمل الكلمات المتقاطعة التالية:

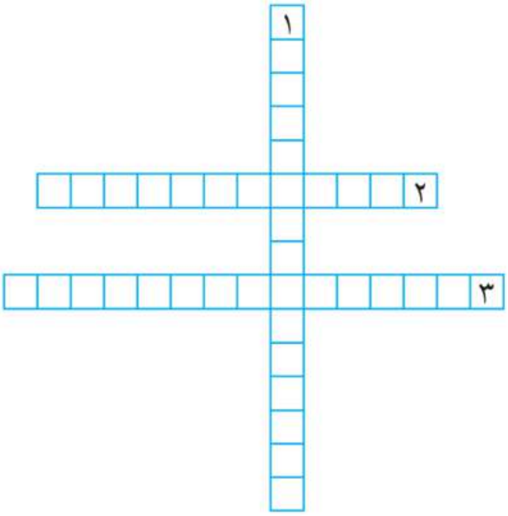
أفقيًا:

(٢) الحيز الذي تظهر فيه قوى الجاذبية.

(٣) كل جسم مادى يجذب أى جسم آخر بقوة تتناسب طرديًا مع كتلة كل منهما وعكسيًا مع مربع البعد بينهما.

رأسيًا:

(١) قوة جذب الأرض لجسم كتلته واحد كيلوجرام.



تدريبات عامة على الباب الثالث

١ ضع علامة (✓) أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية:

١ تنتج قوة الجذب المركزية المؤثرة على سيارة تسير فى منحنى عن:

أ قوة الجاذبية الأرضية.

ب قوة الاحتكاك بين إطارات السيارة والطريق.

جـ عزم القصور الذاتى المؤثر على قائد السيارة.

د قوة الفرامل.

٢ إذا زيد نصف قطر مدار جسيم يسير فى مدار دائرى إلى أربع أمثاله، فإن القوة المركزية اللازمة لإبقاء سرعة الجسيم ثابتة:

أ تقل إلى نصف ما كانت عليه.

ب تبقى ثابتة المقدار.

جـ تزيد إلى مثلى ما كانت عليه.

د تقل إلى ربع ماكانت عليه.

٣ تابعان صناعيان (B)، (A) يدوران حول الأرض، فإذا كان نصف قطر مدار التابع (A) يساوى أربعة أمثال نصف قطر التابع (B). فإن النسبة بين سرعة التابع (A) إلى سرعة التابع (B) تساوى:

أ (2 : 1)

ب (4 : 1)

جـ (1 : 2)

د (1 : 4)

٤ إذا كانت المسافة بين مركزى كرتين متماثلتين 1m، وكانت قوة التجاذب بينهما تساوى 1N، فإن كتلة كل منهما تساوى:

أ 1kg

ب 1.22×10^5 kg

جـ 2×10^5kg

د 0.1 kg

٥ إذا تضاعفت المسافة بين مركزى جسمين وبقيت كتلتاهما ثابتتين فإن قوة التجاذب بينهما:

أ تتضاعف.

ب تصبح نصف قيمتها الأصلية.

جـ تصبح ربع قيمتها الأصلية.

د تصبح أربعة أضعاف قيمتها.

٢ القوة المركزية الجاذبة فى لعبة أطفال على شكل طائرة مروحية عمودية كتلتها ($100\ g$) تتحرك فى مسار دائرى نصف قطره ($1\ m$) وتدور بمعدل(100) دورة خلال($20\ s$).

احسب:

أ السرعة الخطية المماسية.

ب العجلة المركزية الجاذبة.

جـ القوة الجاذبة المركزية.

٣ علل لما يأتى:

أ رغم أن الجسم الذى يتحرك حركة دائرية منتظمة يتأثر بعجلة إلا أن سرعته الخطية ثابته القيمة.

ب خطورة التحرك بسرعات كبيرة فى منحنيات الطرق.

٤ اكتب المصطلح العلمى الذى تدل عليه كل من العبارات الآتية:

أ حركة جسم على محيط دائرة بسرعة خطية ثابتة المقدار متغيرة الاتجاه. (   )

ب الزمن الذى يستغرقه الجسم ليتم دورة كاملة. (   )

جـ قوة فى اتجاه المركز دائما وعمودية على متجه السرعة الخطية أثناء حركة جسم فى مسار دائرى. (   )

٥ تخير من العمود (أ) رقم العبارة التى تتناسب مع كل عبارة من المجموعة (ب) وضعه أمامها:

الرقم	(أ)	(ب)
١	الزمن الدورى	$N.m^2kg^{-2}$
٢	القوة الجاذبة المركزية	m/s
٣	ثابت الجذب العام	m/s^2
٤	السرعة الخطية	s
٥	العجلة الجاذبة المركزية	$kg.m/s^2$

٦ على أى ارتفاع من سطح الأرض يجب أن يدور قمر صناعى، بحيث يكون زمن دورانه حول الأرض مساويًا لزمن دوران الأرض حول محورها بافتراض أن يوم الأرض $= 24h$ ، علما بأن ثابت الجذب العام ($G = 6.67 \times 10^{-11}\ N.m^2kg^{-2}$) ، كتلة الأرض ($M_E = 5.98 \times 10^{24}kg$) ، نصف قطر الأرض ($R = 6378km$)

ملخص الباب

المفاهيم الرئيسة

- ✧ **الحركة الدائرية المنتظمة:** هى حركة جسم فى مسار دائرى بسرعة ثابتة فى المقدار، ومتغيرة فى الاتجاه.
- ✧ **القوة الجاذبة المركزية:** هى تلك القوة التى تؤثر باستمرار فى اتجاه عمودى على حركة الجسم فتحول مساره المستقيم إلى مسار دائرى .
- ✧ **العجلة المركزية:** هى العجلة التى يكتسبها الجسم فى الحركة الدائرية نتيجة لتغير اتجاه السرعة.
- ✧ **زمن الدورة:** هى الفترة الزمنية التى يتم خلالها الجسم دورة كاملة.
- ✧ **شدة مجال الجاذبية عند نقطة:** هى قوة الجذب المؤثرة على جسم كتلته $1kg$ عند تلك النقطة، وتساوى عدديًّا عجلة الجاذبية عند تلك النقطة.

العلاقة والقوانين الرئيسة:

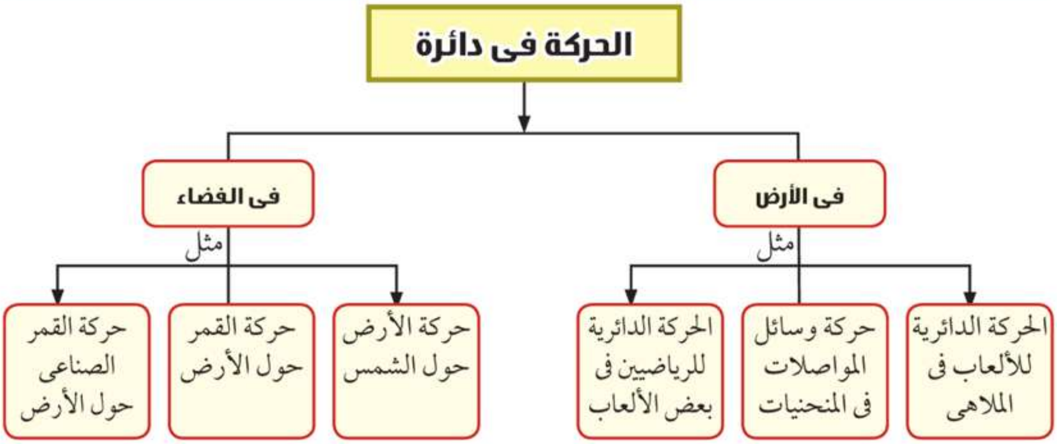
حساب العجلة الجاذبة المركزية: $a = \frac{v^2}{r}$

حساب القوة الجاذبة المركزية: $F = m\frac{v^2}{r}$

حساب قوة التجاذب المادى: $F = G\frac{Mm}{r^2}$

حساب سرعة القمر الصناعى: $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

خريطة الباب


الحركة فى دائرة
فى الأرض
فى الفضاء
مثل
مثل
الحركة الدائرية للألعاب فى الملاهى
حركة وسائل المواصلات فى المنحنيات
الحركة الدائرية للرياضيين فى بعض الألعاب
حركة الأرض حول الشمس
حركة القمر حول الأرض
حركة القمر الصناعى حول الأرض

الباب الرابع

الشغل والطاقة فى حياتنا اليومية

Work and Energy in our Daily life

فصول الباب

الفصل الأول : الشـغل والطاقة

الفصل الثانى : قانون بقاء الطاقة

مقدمة الباب

توجد الطاقة فى الطبيعة فى عدة صور مختلفة مثل الطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية والطاقة الميكانيكية وغيرها ... وهذا الطاقة يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى. فما المقصود بالطاقة؟ وما علاقتها بالشغل المبذول؟

أهداف الباب

فى نهاية هذا الباب تكون قادرًا على أن:

- تفسر المعنى العلمى للشغل.
- تستنتج أن الشغل كمية غير متجهة.
- تستنتج وحدات الطاقة.
- تستنتج العلاقة الرياضية لكل من طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- تستنتج أن طاقة الوضع عبارة عن شغل مبذول.
- تقارن بين طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- تطبق تغيرات طاقة الوضع والحركة عند قذف جسم لأعلى، وتعتبر ذلك مثالًا لقانون بقاء الطاقة.
- تطبق قانون بقاء الطاقة على بعض الأمثلة فى الحياة العملية.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة

- التفسير العلمى.
- الاستنتاج.
- المقارنة.
- التصنيف.
- التعميم.
- التطبيق.
- مهارة عرض البيانات.

الجوانب الوجدانية المتضمنة

- اكتساب اتجاهات إيجابية نحو ترشيد استهلاك الطاقة.
- اكتساب اتجاهات إيجابية نحو البيئة.
- تنمية الميل نحو دراسة الفيزياء.

الفصل الأول

الشغل والطاقة

Work and Energy

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تفسر المعنى العلمى للشغل.
- تستنتج أن الشغل كمية غير متجهة.
- تستنتج وحدات الطاقة.
- تقارن بين طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- تستنتج العلاقة الرياضية لكل من طاقة الحركة وطاقة الوضع.
- تستنتج أن طاقة الوضع عبارة عن شغل مبذول.

مصطلحات الفصل :

الشغل	*Work*
الطاقة	*Energy*
طاقة الحركة	*Kinetic Energy*
طاقة الوضع	*Potential Energy*

مصادر التعلم الإلكترونية :

- **فيلم تعليمى:** الشغل والقوة والإزاحة.

http://www.youtube.com/watch?v=miTeJjZ8_Kk

- **عروض عملية:** المقصود بطاقة الوضع.

http://www.youtube.com/watch?v=iLXDirj4JUA

١ - الشغل: Work

نستخدم كلمة الشغل فى حياتنا اليومية، ويراد بها العمل الذى استحوذ على اهتمام المرء فانشغل به عما سواه، فربما كان هذا العمل ذهنيًّا كحل الواجبات المدرسية، أو عضليًّا كزيارة مريض، وربما أطلقت كلمة شغل على مجرد العمل.

ويستخدم علماء الفيزياء كلمة الشغل للدلالة على معنى خاص مختلف عن معناها المستخدم فى الحياة اليومية.

فلكى تبذل شغلًا ما على جسم فلابد وأن يتحرك الجسم إزاحة ما كنتيجة لقوتك، وإذا لم يتحرك الجسم فإنك لم تبذل شغلًا مهما كان مقدار القوة التى بذلتها.

أى هناك شرطان لحدوث الشغل، وهما:

1. أن تؤثر قوة معينة على الجسم.
2. أن يتحرك الجسم إزاحة معينة فى نفس اتجاه القوة.

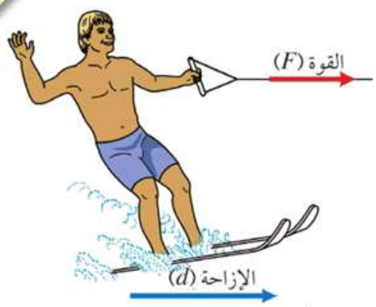
وتوضح الأشكال التالية عدة أمثلة للشغل:

شكل (١) : السائق يبذل شغلًا على السيارة المعطلة

شكل (٢) : اللاعب يبذل شغلا لرفع الأثقال

ويمكن حساب الشغل المبذول (W) بواسطة قوة ما (F) على جسم لتحركه إزاحة (d) .

كما يوضحه الرابط التالي



شكل (٣) : يُحسب الشغل المبذول على الرياضي بضرب الإزاحة (d) في القوة المؤثرة (F) نفس الاتجاه الحركة.

الجول: هو الشغل المبذول بواسطة قوة مقدارها نيوتن واحد لتُحرِّك جسمًا إزاحة مقدارها متر واحد فى اتجاه القوة.

علماء أفادوا البشرية

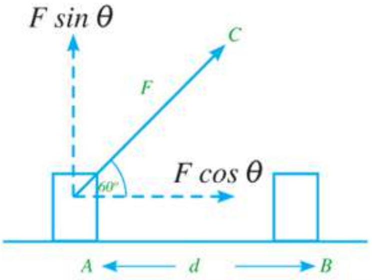
- جيمس جول (1818 - 1889 م) : هو عالم إنجليزى كان من أوائل من أدراكوا أن الشغل يولد حرارة، ففى أحد تجاربه وجد أن درجة حرارة الماء فى أسفل الشلال أكبر منها فى أعلى الشلال مما يثبت أن بعضًا من طاقة المياه الساقطة تتحول إلى حرارة.

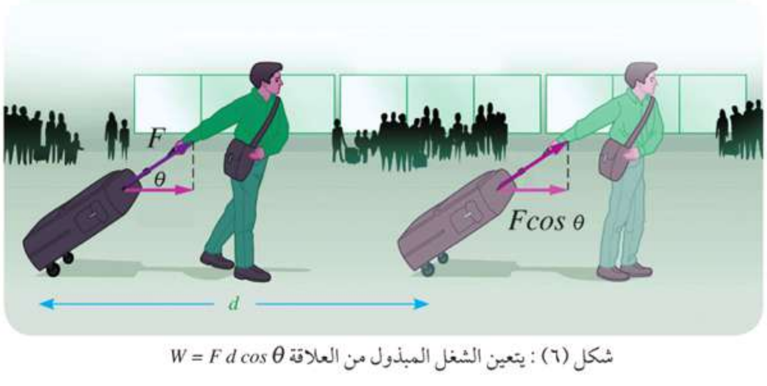
شكل (٥) : جيمس جول

وإذا كان اتجاه القوة (F) يميل بزاوية (θ) على اتجاه الإزاحة (d) كما بالشكل (٦) فإن الشغل المبذول يمكن كتابته على الصورة:

$$W = (F \cos \theta)\,(d)$$

$$W = F\, d \cos \theta$$

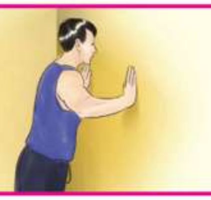




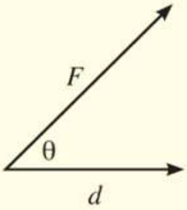
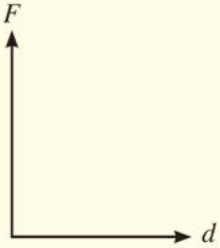
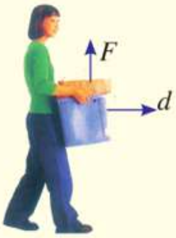
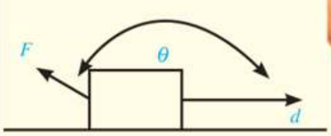
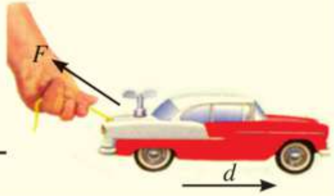
شكل (٦) : يتعين الشغل المبذول من العلاقة $W = F\, d \cos \theta$

ركن التفكير:

تخيل أن لديك حائطًا، أثرت عليه بقوة مقدارها ($100\ N$) ، هل تبذل شغلاً فيزيائيًّا؟ لماذا؟



من المعادلة السابقة يتضح أن الشغل قد يكون موجبًا أو سالبًا أو صفرًا، كما هو موضح بالجدول التالى:

الزاوية θ	الشغل	أمثلة
$0 \le \theta < 90^\circ$	موجب الشخص هو الذى يبذل الشغل	سحب جسم 
$\theta = 90^\circ$	صفر	حمل جسم والحركة به  
$180^\circ \ge \theta > 90^\circ$	سالب الجسم هو الذى يبذل الشغل على الشخص	شخص يحاول جذب جسم، وهو يتحرك عكس اتجاه القوة.  

مثال محلول

عربة حديقة كتلتها (20 kg) تتحرك تحت تأثير قوة شد مقدارها (50 N)، تصنع زاوية مقدارها (60°) كما بالشكل الموضح. فإذا تحركت العربة إزاحة مقدارها (4 m). احسب الشغل المبذول بواسطة القوة (مع إهمال قوة الاحتكاك).

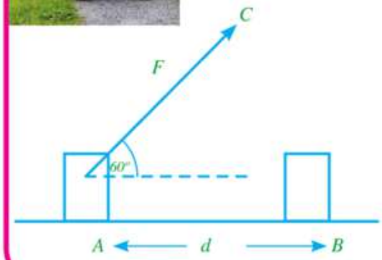
الحل:

$F = 50N$

$d = 4m$

$\theta = 60°$

$W = Fd\cos\theta = (50)\ (4)\ (\cos 60) = 100\ J$



مثال محلول

احسب الشغل الذى تبذله طفلة تحمل دلوًا كتلته (300 g) وتتحرك به إزاحة مقدارها (10 m) فى الاتجاه الأفقى، ثم احسب الشغل الذى يبذله طفل لرفع دلو له نفس الكتلة إزاحة مقدارها (10 cm) فى الاتجاه الرأسى $(g = 10\ m/s^2)$

الحل:

الشغل الذى تبذله الطفلة:

بما أن القوة تكون عمودية على الإزاحة فإن الشغل يساوى صفرًا.

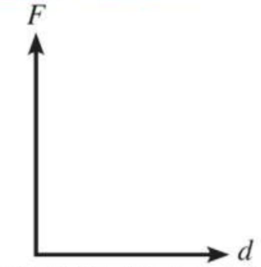
الشغل الذى يبذله الطفل:

حساب القوة $F = mg = \frac{300}{1000} \times 10 = 3N$

حساب الشغل $W = F.\,d\cos\theta$

وحيث إن القوة والإزاحة فى نفس الاتجاه فإن الزاوية (θ) تساوى صفرًا.

$$W = 3 \times \frac{10}{100}\cos\theta = 0.3\ J$$



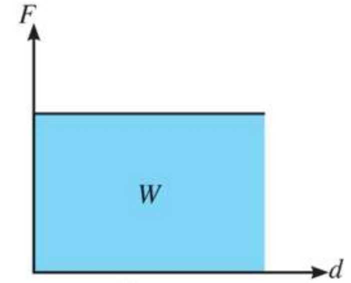
القوة العمودية على الإزاحة لاتبذل شغلا

إدارة الوقت:

- اعمل على تعديل خطة عملك، بحيث لا تهمل أى نشاط أو واجب من الواجبات المهمة.
- جهز ونظم مستلزمات الاستذكار، ونظم بيئة العمل وأدواته بحيث لا تضيع وقتك وأنت تبحث عنها.

ويمكن حساب الشغل بيانيًّا باستخدام منحنى (القوة - الإزاحة) المبين فى الرسم المقابل، حيث يعبر الخط المستقيم عن قوة ثابتة فى المقدار والاتجاه (F) تؤثر على جسم، فتسبب له إزاحة (d) فى نفس اتجاه القوة المؤثرة، وبالرجوع إلى تعريف الشغل وعندما تكون ($\theta = 0$) فإن:

الشغل = القوة × الإزاحة = الطول × العرض = المساحة تحت منحنى (القوة - الإزاحة)



شكل (٧) : الشغل يساوى المساحة أسفل الخط المستقيم.

إذا: الشغل بيانيًّا = المساحة تحت منحنى (القوة - الإزاحة).

٢- الطاقة Energy

إذا كان الجسم قادرًا على بذل الشغل فإن هذا الجسم يمتلك طاقة، وبمعنى أبسط فإن طاقة الجسم هى قدرته على بذل الشغل؛ لذلك فوحدات الطاقة هى وحدات الشغل، وهى الجول.

وسنتناول فيما يلى بالتفصيل صورتين من أهم صور الطاقة، وهما: طاقة الحركة، وطاقة الوضع.

(أ) طاقة الحركة (K.E)

عندما تُبْذل قوة على جسم ما ثم يبدأ هذا الجسم فى التحرك، نستطيع القول: أن لدى هذا الجسم طاقة تسمى بطاقة الحركة ($K.E$).

شكل (٨) : أمثلة على طاقة الحركة.

بفرض أن لديك سيارة تتحرك من سكون فى خط مستقيم بعجلة منتظمة مقدارها (a) فإن:

$$v_f^2 - v_i^2 = 2ad$$

حيث v_i هى السرعة الابتدائية = صفرًا.

v_f هى السرعة النهائية.

$$v_f^2 = 2ad \qquad d = \frac{v_f^2}{2a}$$

شكل (٩) : أى جسم متحرك يمتلك طاقة حركة.

وبضرب طرفى المعادلة السابقة فى (F)، وهى القوة المؤثرة على السيارة أثناء حركتها فإن:

$$Fd = \frac{1}{2}\,\frac{F}{a}\,v_f^2$$

ومن قانون نيوتن الثانى:

$$m = \frac{F}{a}$$

ومن العلاقتين السابقتين:

$$Fd = \frac{1}{2}mv_f^2$$

حيث يمثل المقدار (Fd) فى المعادلة السابقة الشغل المبذول (الطاقة اللازمة لتحريك السيارة)، ويمثل الطرف الأيمن $(\frac{1}{2}mv_f^2)$ صورة الطاقة التى تحول إليها الشغل المبذول، والتى تعرف باسم طاقة الحركة $(K.E)$.

وبصورة عامة يمكن حساب طاقة حركة جسم سرعته (v) من العلاقة:

$$K.E = \frac{1}{2}mv^2$$

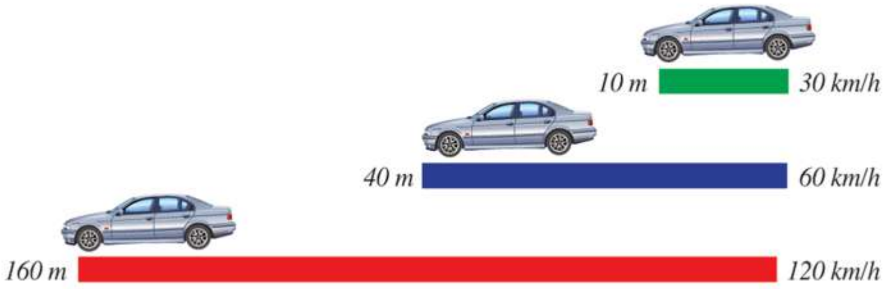
- ومن العلاقة السابقة يتضح أن طاقة الحركة تتناسب طرديًّا مع كتلة الجسم ومع مربع سرعته.
- وحدة قياس طاقة الحركة هى الجول، ومعادلة الأبعاد هى ML^2T^{-2}

ركن التفكير:

هل طاقة الحركة كمية فيزيائية متجهة أم قياسية؟لماذا؟

تطبيقات حياتية

✦ يتضح من العلاقة $F.d = \frac{1}{2}mv^2 = K.E$ أن الشغل المبذول يتناسب طرديًّا مع مربع السرعة التى يتحرك بها الجسم. فإذا كانت هناك سيارة تتحرك بسرعة $(60km/h)$، ويراد إيقافها عن الحركة بواسطة الضغط على دواسة الفرامل، فنجد أنها سوف تنزلق مسافة قبل التوقف تساوى أربعة أضعاف تلك التى لو كانت تتحرك بسرعة $(30km/h)$.



مثال محلول

أوجد طاقة حركة سيارة كتلتها *(2000kg)* تسير بسرعة *(72 km/h)*.

الحل:

حساب السرعة بوحدة *(m/s)*

$$v = \frac{1000 \times 72}{60 \times 60} = 20\ m/s$$

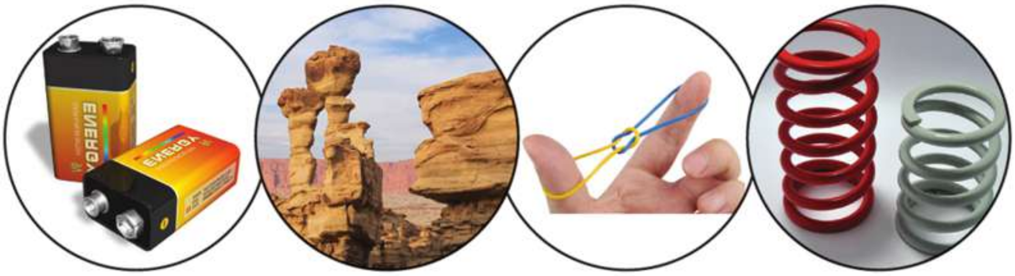
حساب طاقة الحركة:

$$\therefore K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

$$= \frac{1}{2} (2000)\ (20)^2 = 400000\ J$$

(ب) طاقة الوضع (P.E)

تستطيع الأجسام أن تختزن طاقة بداخلها نتيجة لمواضعها الجديدة، وهذه الطاقة تسمى طاقة الوضع *(P.E)* وعلى سبيل المثال، انكماش أو استطالة زنبرك يجعل جزيئاته تكتسب وضعًا جديدًا، وبالتالى تختزن طاقة وضع (وتسمى طاقة وضع مرنة) ومن ثم يبذل الزنبرك شغلاً حتى يتخلص من هذه الطاقة لكي يعود إلى وضعه المستقر. ومثال آخر عند رفع جسم ما إلى أعلى عن سطح الأرض فإنه يكتسب طاقة وضع (وتسمى طاقة وضع تثاقلية)، وهذه الطاقة مرتبطة بوضع الأشياء بالنسبة لسطح الأرض (أى بالنسبة لمجال الجاذبية). يوضح الشكل (١٠) بعض الأمثلة لطاقة وضع مختزنة.



لماذا يتحرك الزنبرك المضغوط عند إزالة القوة المؤثرة عليه؟

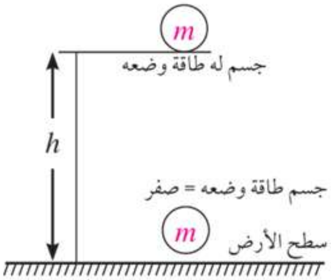
لماذا يتحرك الخيط المطاطي المشدود عند إزالة القوة المؤثرة عليه؟

لماذا تنهار الصخور المتآكلة وتتحرك لأسفل؟

لماذا تتحرك الإلكترونات عند توصيل البطارية بدائرة مغلقة؟

شكل (١٠) : أمثلة على طاقة الوضع

إذا رفع جسم كتلته *(m)* ما إلى ارتفاع *(h)* عن سطح الأرض، فإن هذا الجسم يكتسب طاقة وضع *(P.E)* نتيجة لموضعه الجديد، وبالتالى فهو يستطيع أن يبذل شغلاً إذا سُمِحَ له بالسقوط، ومن ثم فإن طاقة وضع الجسم فى موقعه الجديد حددت قدرته على بذل شغل؛ أى أن الشغل المبذول على الجسم لرفعه إلى نقطة ما = طاقة الوضع له عند هذه النقطة.



شكل (١١) : رفع جسم *(m)* إلى أرتفاع *(h)*

$$P.E = W = F.h$$

وحيث إن أقل قوة *(F)* لازمة لرفع الجسم لأعلى تساوى وزنه *(mg)* فإن:

$$P.E = F.h = (mg)\ (h) = mgh$$

ووحدة قياس طاقة الوضع هى الجول، ومعادلة الأبعاد هى ML^2T^{-2}

فكر وأجب:

احسب الشغل المبذول لرفع جسم كتلته (50 kg) ارتفاع قدره (2.2m) عن سطح الأرض.

تطبيقات حياتية

- لرفع صندوق لوضعه فى سيارة يلزم بذل شغل. ففى الشكل (١٢) نحتاج إلى قوة مقدارها (450N) لرفع الصندوق ارتفاع مقداره (1m) رأسيًا، ويمكن أن نرفع نفس الصندوق بقوة أقل تكافىء (150N) باستخدام مستوى مائل لكن سيحتاج إلى إزاحة أكبر (3m).

شكل (١٢) : رفع الصندوق رأسيًا لأعلى يتطلب قوة تكافئ وزن الصندوق، ويكون الشغل المبذول.

$W = 450N \times 1m = 450J$

شكل (١٣) : باستخدام المستوى المائل يتطلب رفع الصندوق قوة أقل من وزنه، لكن هذه القوة لابد وأن تؤثر لإزاحة أكبر.

$W = 150N \times 3m = 450J$

المقارنة بين طاقة الحركة وطاقة الوضع لجسم ما:

وجه المقارنة	طاقة الحركة	طاقة الوضع
التعريف	هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.	هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لوضعه أو حالته.
العلاقة الرياضية	$K.E = \frac{1}{2} m v^2$	$P.E = m g h$
العوامل المؤثرة	تزداد بزيادة كل من: كتلة الجسم (m) سرعة الجسم (v)	تزداد بزيادة كل من: كتلة الجسم (m) الارتفاع عن سطح الأرض (h)
وحدة القياس	الجول	الجول
معادلة الأبعاد	$ML^2 T^{-2}$	$ML^2 T^{-2}$

الفيزياء فى خدمة البيئة

- معظم الطاقات التى يستخدمها الإنسان تأتى من مصادر الطاقة غير المتجددة مثل: الفحم الحجري، والبترول. وتعتبر مصادر الطاقة غير المتجددة من مصادر الطاقة غير النظيفة، والتى ينتج عن استخدامها كثير من المواد الضارة بالبيئة وبصحة الإنسان؛ لذا فهناك اتجاه عالمى - خاصة لدى الدول الصناعية الكبرى - نحو استخدام المصادر الطبيعية للحصول على الطاقة والحفاظ على البيئة فى نفس الوقت، وعلى سبيل المثال استخدام طاقة الرياح ومساقط المياه فى توليد الكهرباء، وتحويلها إلى العديد من صور الطاقات اللازمة للحياة العملية للإنسان.

شاهد فيلم على موقع الكتاب

مصادر الطاقة المختلفة، وتأثيراتها البيئية

الأنشطة والتدريبات

الفصل الأول

الشغل والطاقة

الأمان والسلامة :

نواتج التعلم المتوقعة :

في نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تعين طاقة حركة الجسم متحرك.
- تستنتج العلاقة بين الكتلة والسرعة لجسم طاقة حركته ثابتة.

المهارات المرجو اكتسابها :

تسجيل البيانات – التفسير – الاستنتاج.

المواد والأدوات :

ركاب كتلته m يتحرك على وسادة هوائية – خيط مرن – خلية كهروضوئية – ساعة كهربية..

أولاً - التجارب العملية

(١) طاقة حركة جسم متحرك:

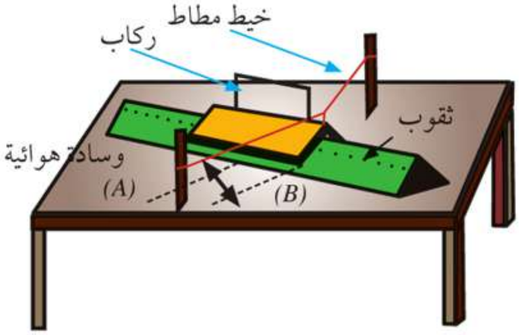
فكرة التجربة:

طاقة الحركة هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لحركته، وتحسب من العلاقة:

$$K.E. = \frac{1}{2} mv^2$$

ومن العلاقة السابقة تستنتج أن مربع سرعة الجسم يتناسب عكسيًّا مع كتلته، وذلك عند ثبات طاقة الحركة، وهذا ما سنحاول إثباته عمليًّا.

خطوات العمل:



① أزح الركاب من النقطة (A) إلى النقطة (B) كما بالرسم، ثم اتركه يندفع عائدًا إلى موضعه الأصلى.

② قس الزمن الذى يستغرقه الركاب أثناء حركته على الوسادة الهوائية باستخدام الساعة الكهربية المتصلة بالخلية الكهروضوئية.

٣ عين سرعة الركاب (v) بقسمة المسافة التى تحركها على الزمن (بالثانية) ثم عيِّن كتلة الركاب (m) بالكيلو جرام.

٤ كرِّر الخطوات 2 ، 3 عدة مرات مع تغيير كتلة الركاب(m) وتعيين السرعة التى يتحرك بها فى كل مرة (مع ملاحظة تثبيت المسافة (AB) التى يتحركها فى كل مرة) ، ثم سجل النتائج فى الجدول التالى:

النتائج:

كتلة الركاب m (kg)	الزمن t (s)	السرعة v (m/s)	$\frac{1}{m}$	v^2
....	....	....	....	....
....	....	....	....	....
....	....	....	....	....
....	....	....	....	....

باستخدام الجدول السابق ارسم علاقة بيانية بين مربع السرعة (v^2) على محور الصادات ومقلوب كتلة الركاب ($\frac{1}{m}$) على محور السينات.

تحليل النتائج:

باستخدام الرسم البيانى السابق أجب عن الأسئلة الآتية:

١ ما ميل الخط المستقيم الذى حصلت عليه؟ ....

٢ ما طاقة حركة الركاب ($K.E$) من الرسم البيانى؟..

٣ ما نوع العلاقة بين كتلة الركاب (m) ومربع سرعته (v^2) ؟ (طردية أم عكسية)..................................

٤ ما وحدة قياس طاقة حركة الركاب؟..

ثانيًا - الأنشطة التقويمية

١ اجمع صورًا لعدة أنشطة حياتية مختلفة تبين بذل شغل.

٢ حمل مجموعة من الأفلام عن ألعاب القوى والألعاب الأولمبية، ثم اشرح كيفية بذل الشغل فى كل فيلم.

٣ اكتب قائمة ببعض الأمثلة عن طاقة الحركة فى حياتنا اليومية.

٤ اجمع من البيئة مجموعة من الأشياء والأدوات التى يمكن أن تختزن طاقة الوضع.

٥ باستخدام شبكة الإنترنت اكتب بحثًا عن مصادر الطاقة النظيفة التى يمكن استغلالها فى جمهورية مصر العربية.

ثالثًا - الأسئلة والتدريبات

١ اختر الاجابة الصحيحة :

١ عند زيادة سرعة سيارة إلى الضعف ، فإن طاقة الحركة ......

أ تقل إلى النصف. ب تزيد إلى الضعف.

جـ تزداد إلى أربعة أمثال. د تظل ثابتة.

٢ وصل رجل إلى شقته صعودًا على السلم مرة، وباستخدام المصعد مرة ثانية. أى العبارات التالية صحيحة؟

أ طاقة وضع الرجل أكبر عند صعوده السلم.

ب طاقة وضع الرجل أكبر عند استخدام المصعد.

جـ لا توجد طاقة وضع للرجل عند استخدام المصعد.

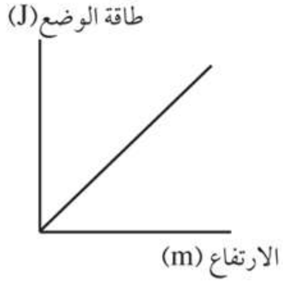
د طاقة وضع الرجل متساوية فى الحالتين.

٣ الطاقة الميكانيكية لجسم تساوى ....

أ الفرق بين طاقتى الحركة والوضع. ب مجموع طاقتى الحركة والوضع.

جـ النسبة بين طاقتى الحركة والوضع. د حاصل ضرب طاقتى الحركة والوضع.

٤ ميل الخط المستقيم فى الشكل البيانى المقابل يمثل ....



أ كتلة الجسم. ب وزن الجسم.

جـ إزاحة الجسم. د سرعة الجسم.

٢ تسلق رياضى وزنه 700 N جبلًا إلى ارتفاع 200m من سطح الأرض . أوجد الشغل الذى بذله.

٣ لديك صندوقان (أ) و (ب) وزن كل منهما 40N و 60N على الترتيب. الصندوق (أ) موضوع على الأرض، بينما الصندوق (ب) موضوع على ارتفاع 2m فوق الأرض. ما الارتفاع الذى يرفع إليه الصندوق (أ) حتى يصبح له طاقة وضع الصندوق (ب)؟

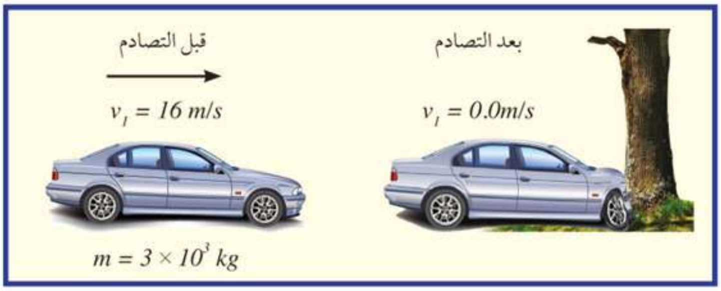
٤ احسب الشغل اللازم لدفع عربة مسافة (*3.5 m*) بواسطة قوة مقدارها (*20 N*).

....

٥ أوجد طاقة حركة سيارة كتلتها (*2000 kg*) تسير بسرعة (*60 km/h*).

....

٦ اصطدمت سيارة كتلتها$(3 \times 10^3\ kg)$ وسرعتها $(16\ m/s)$ بشجرة، فلم تتحرك الشجرة وتوقفت السيارة، كما بالشكل التالى:



أ ما مقدار التغير فى طاقة حركة السيارة؟

....

....

ب ما مقدار الشغل المبذول على الشجرة عندما ترتطم مقدمة السيارة بالشجرة؟

....

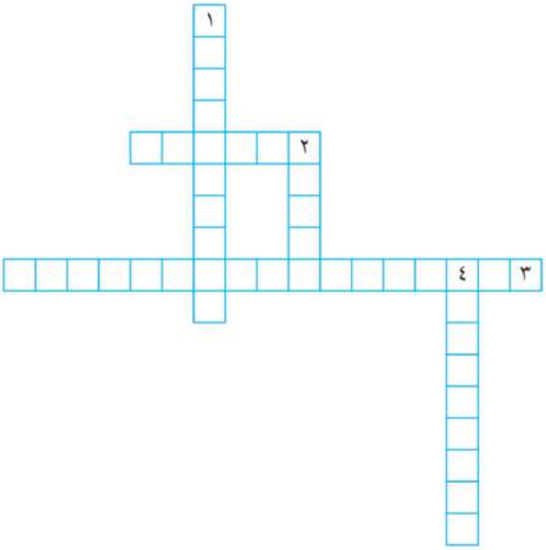
....

جـ احسب مقدار القوة التى أثرت فى مقدمة السيارة لتتحرك مسافة $(50\ cm)$.

....

....

٧ أكمل الكلمات المتقاطعة:



أفقيًا:

(٢) القدرة على بذل شغل.

(٣) مجموع طاقتى الوضع والحركة.

رأسيًا:

(١) الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.

(٢) الشغل المبذول بواسطة قوة مقدارها نيوتن واحد لتحرك جسمًا إزاحة مقدارها متر واحد فى اتجاه القوة.

(٤) الطاقة التى يكتسبها الجسم نتيجة لوضعه.

الفصل الثانى

قانون بقاء الطاقة

Law of Conservation of Energy

عرفنا فيما سبق أن الطاقة هى إمكانية بذل شغل، وهناك صور عديدة للطاقة، فالفحم والبنزين وغير ذلك من أنواع الوقود يحتوى على طاقة كيميائية مختزنة، يمكن أن تتحول بعد أن تحترق احتراقًا كيميائيًّا إلى شغل ميكانيكى متمثلة فى حركة السيارات والقطارات وغيرها.

شكل (١٤) : احتراق الفحم يؤدى إلى شغل ميكانيكي يحرك القطار.

وكذلك تتحول الطاقة الكهربائية فى المصباح إلى طاقة حرارية وضوئية. وتتحول طاقة الوضع فى شلال الماء إلى طاقة حركية.

وهناك أمثلة عديدة لتحويل الطاقة من صورة إلى أخرى، وتخضع مثل هذه التحولات إلى قانون بقاء الطاقة والذى ينص على أن:

> **"الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكن يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى."**

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا الفصل تكون قادرًا على أن:

- تطبق تغيرات طاقة الوضع والحركة عند قذف جسم إلى أعلى، ويعتبر ذلك مثالًا لقانون بقاء الطاقة.
- تطبق قانون بقاء الطاقة على بعض الأمثلة فى الحياة العملية.

مصطلحات الفصل :

- قانون بقاء الطاقة

Law of Conservation of Energy

مصادر التعلم الإلكترونية:

- **لعبة إلكترونية:** حساب طاقة الوضع وطاقة الحركة.

http://www.brainpop.com/games/coastercreator/

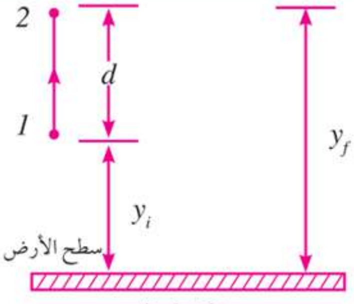
- **فلاش تعليمى:** الطاقة الميكانيكية لجسم يتحرك على مستوى مائل.

https://sites.google.com/site/physicsflash/home/mechanical-energy

٢- قانون بقاء الطاقة الميكانيكية

يمكن إثبات صحة قانون بقاء الطاقة الميكانيكية باستخدام مفاهيم طاقة الوضع وطاقة الحركة كما يلى:

عند قذف جسم كتلته (m) لأعلى من نقطة (1) بسرعة ابتدائية (v_i) عكس اتجاه الجاذبية الأرضية ليصل إلى النقطة (2) بسرعة نهائية (v_f)، فإن طاقة وضع الجسم تزداد بزيادة الارتفاع، بينما تقل طاقة حركته لتناقص سرعته.



شكل (١٥)

أى أن:

$$v_f^2 - v_i^2 = 2\,a\,d$$

وحيث إن: الجسم يتحرك لأعلى فى عكس اتجاه مجال الجاذبية الأرضية فإنه يتحرك بعجلة سالبة؛ أى أن:

$$a = -g$$

$$v_f^2 - v_i^2 = 2\,(-g)\,d$$

$$v_f^2 - v_i^2 = -2g\,d$$

بالضرب فى $(\frac{1}{2}m)$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = -mgd$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = -mg\,(y_f - y_i)$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = -\,mg\,y_f + mg\,y_i$$

$$mg\,y_f + \frac{1}{2}mv_f^2 = mg\,y_i + \frac{1}{2}mv_i^2$$

شكل (١٦): تزداد طاقة الوضع بزيادة الارتفاع بينما تقل طاقة الحركة.

أى أن:

$$P.E_f + K.E_f = P.E_i + K.E_i$$

وبذلك يكون:

مجموع طاقتى الوضع والحركة عند نقطة (1) = مجموع طاقتى الوضع والحركة عند نقطة (2).

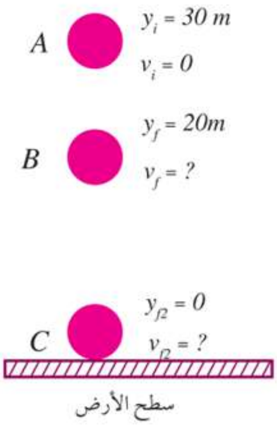
قانون بقاء الطاقة الميكانيكية: مجموع طاقتى الوضع والحركة لجسم عند أى نقطة فى مساره يساوى مقدارًا ثابتًا يسمى بالطاقة الميكانيكية.

"الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة = مقدار ثابت".

ومن العلاقة الأخيرة نستنتج أنه كلما زادت طاقة حركة الجسم فإن ذلك يكون على حساب طاقة الوضع؛ أى أن طاقة الوضع تقل والعكس صحيح. (قانون بقاء الطاقة)

مثال محلول

جسم ساكن على ارتفاع $(30\ m)$ من سطح الأرض له طاقة وضع$(1470\ J)$، فإذا سقط الجسم لأسفل، بإهمال مقاومة الهواء، احسب ما يلى:



١ طاقة حركة الجسم وطاقة وضعه عند ارتفاع $(20\ m)$ من سطح الأرض.

٢ سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالأرض.

الحل:

عند النقطة A

$$P.E = mgh = 1470\ J$$

$$m \times 9.8 \times 30 = 1470\ J$$

$$m = 5kg$$

١ بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على النقطتين A . B

$$mg\,y_f + \frac{1}{2}mv_f^2 = mg\,y_i + \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$5 \times 9.8 \times 20 + \frac{1}{2} \times mv_f^2 = 5 \times 9.8 \times 30 + O$$

$$\frac{1}{2}\ mv_f^2 = 490\ J$$

∴ طاقة حركة الجسم عند ارتفاع $(20\ m)$ هى $(490\ J)$

طاقة وضع الجسم عند ارتفاع $(20\ m)$ هى:

$$P.E_f = 1470 - 490 = 980J$$

٢ لحساب سرعة الجسم لحظة اصطدامه بالأرض:

بتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية على النقطتين A ، C

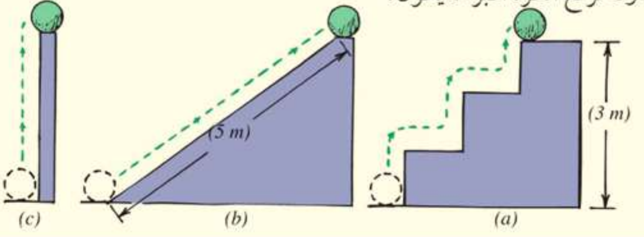
$$5 \times 9.8 \times 30 + 0 = 0 + \frac{1}{2} \times 5 \times v_{f2}^{\ 2}$$

$$\therefore v_{f2} = 24.25\ m/s$$

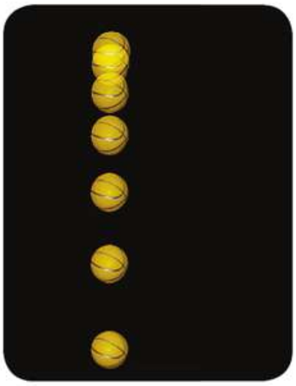
ركن التفكير:

تخيل أن لديك ثلاثة مسارات مختلفة يمكن أن تسلكها كرة ساكنة موجودة عند سطح الأرض لتصل إلى ارتفاع ثابت. لأى مسار تكون الطاقة المبذولة لرفع الكرة أكبر ما يكون؟

- المسار a
- المسار b
- المسار c
- جميعها متساوية.



قانون بقاء الطاقة فى الحياة العملية:

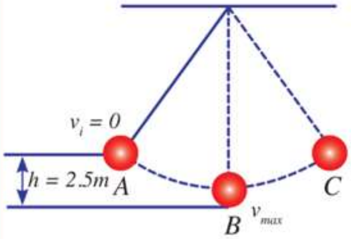


شكل (١٧): التحول المتبادل بين طاقتى الوضع والحركة فى الجسم المقذوف لأعلى.

عندما تقذف جسمًا لأعلى فى الهواء، فإنك تري مثالاً لقانون بقاء الطاقة، أو التحول المتبادل لطاقة الحركة وطاقة الوضع. فمثلاً عندما نقذف كرة إلى أعلى تكون طاقة الوضع مساوية للصفر، وتكون طاقة الحركة نهاية عظمى وعندما تبدأ الكرة فى الحركة لأعلى تتزايد طاقة وضعها على حساب طاقة حركتها، وهكذا يستمر التحول من طاقة الحركة إلى طاقة الوضع إلى أن تصل إلى أقصى ارتفاع لها، وفى هذه الحالة تصبح طاقة حركتها تساوى صفرًا، فى حين تكون طاقة الوضع نهاية عظمى. بعد ذلك تبدأ الكرة فى العودة إلى الأرض، فتزداد طاقة الحركة تدريجيًّا مع تناقص طاقة الوضع إلى أن تصل إلى سطح الأرض مرة أخرى، وتصبح طاقة وضعها تساوى صفرًا.

وتوجد أمثلة كثيرة لتحول طاقة الحركة إلى وضع وبالعكس كما هو موضح بالروابط التالية :

أمثلة محلولة



يبين الشكل المقابل كرة معلقة بخيط، تتأرجح بشكل حُرٍّ فى مستوى محدد. فإذا كانت كتلة الكرة $(4kg)$ ومقاومة الهواء مهملة، فما أقصى سرعة تبلغها الكرة أثناء تأرجحها؟ (اعتبر : $g = 9.8m/s^2$):

الحل:

أقصى سرعة تبلغها الكرة أثناء تأرجحها يكون عند النقطة (B)، وبتطبيق قانون بقاء الطاقة الميكانيكية عند النقطتين A ، B

$$mgh + 0 = \frac{1}{2} m v_f^2 + 0$$

$$4 \times 9.8 \times 2.5 = \frac{1}{2} \times 4 \times v_f^2$$

$$v_f = 7\ m/s$$

الأنشطة والتدريبات

الفصل الثانى

قانون بقاء الطاقة

الأمان والسلامة :

نواتج التعلم المتوقعة :

فى نهاية هذا النشاط تكون قادرًا على أن:

- تثبت قانون بقاء الطاقة الميكانيكية.

المهارات المرجو اكتسابها :

- تسجيل البيانات - التفسير - الاستنتاج.

المواد والأدوات :

كرة تنس - ميزان رقمى - شريط لاصق - ساعة إيقاف - شريط مترى.

أولاً - التجارب العملية

(١) قانون بقاء الطاقة:

فكرة التجربة:

سبق أن درست أن مجموع طاقتى الوضع والحركة لجسم ما عند أى نقطة فى مساره يساوى مقدارًا ثابتًا يسمى بالطاقة الميكانيكية. أى أنه كلما زادت طاقة حركة الجسم فإن ذلك يكون على حساب طاقة الوضع، فتقل والعكس صحيح.

خطوات العمل:

(١) عين كتلة كرة التنس باستخدام الميزان الرقمى بوحدة الجرام، ثم حولها إلى الكيلوجرام.

$m =$ .... $g =$ .... kg

(٢) ألصق قطع الشريط اللاصق على الحائط على ارتفاع ($1m$ ، $2m$ ، $2.5m$).

(٣) أمسك كرة التنس على ارتفاع متر واحد ($h = 1m$) ، ثم أسقطها إلى الأرض وعيِّن الزمن الذى تستغرقه الكرة للوصول إلى سطح الأرض.

(٤) كرر المحاولة السابقة عِدَّة مرات.

(٥) كرر الخطوات 3 ، 4 للارتفاعات الأخرى ($h = 2, 2.5m$) عدة مرات.

(٦) سجِّل النتائج التى حصلت عليها فى الجدول التالى:

النتائج :

	الزمن t (s)		
الارتفاع h (m)	المحاولة الأولى	المحاولة الثانية	المحاولة الثالثة
1			
2			
2.5			
المتوسط			

(١) احسب طاقة الوضع ($P.E$) عند الارتفاعات المختلفة باستخدام العلاقة:

$$P.E = mgh$$

علمًا بأن: $g = 9.8\ m/s^2$

(٢) باعتبار أن الكرة سقطت من سكون فتكون السرعة الابتدائية v_i تساوى صفرًا، فيمكن حساب السرعة النهائية v_f للكرة لحظة اصطدامها بالأرض باستخدام معادلات الحركة الآتية:

$$v_f = gt$$

(٣) بمعلومية v_f يمكن حساب طاقة حركة ($K.E$) لكرة التنس لحظة اصطدامها باستخدام العلاقة:

$$K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

سجل النتائج فى الجدول التالى:

الارتفاع	1	2	2.5
طاقة الوضع $P.E$			
طاقة الحركة $K.E$			

تحليل النتائج:

(١) بمقارنة نتائج الجدول لكل من ($P.E$, $K.E$) ماذا تلاحظ؟

....

(٢) ما الأسباب التى تؤدى إلى عدم تطابق النتائج المبينة بالجدول؟

....

(٣) هل النتائج العملية التى حصلت عليها متفقة مع توقعاتك؟

....

ثانيًا - الأنشطة التقويمية

(١) اجمع صورًا من المصادر المختلفة مثل المراجع، والمجلات، ومواقع شبكة المعلومات، لتوضيح تحول الطاقة من صورة إلى أخرى.

(٢) صمم جهازًا يمكن أن يحول الطاقة من صورة إلى أخرى باستخدام مواد من خامات البيئة.

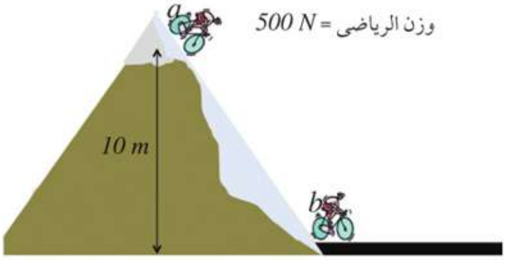
(٣) صمِّم مجلة حائط (مدعمة بصور) عن بعض الألعاب فى مدينة الملاهى، والتى يحدث فيها تحول طاقة الحركة إلى طاقة وضع والعكس.

(٤) اكتب قائمة بمجموعة من المواقع التعليمية والعلمية التى تتناول مفهوم الطاقة الميكانيكية.

ثالثا - الأسئلة والتدريبات

(١) قذف جسم كتلته ($0.2\ kg$) رأسيًّا لأعلى بسرعة ($20\ m/s$)، بإهمال مقاومة الهواء احسب ما يلى:

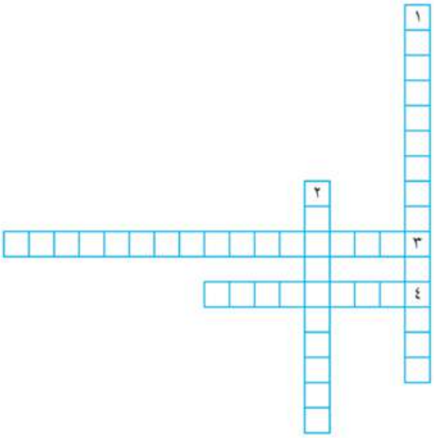
- (أ) أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم.
- (ب) سرعة الجسم عند ارتفاع ($10\ m$) من سطح الأرض.



(٢) باستخدام الشكل المقابل أوجد كلًّا من:

- (أ) طاقة وضع الرياضى عند النقطة a.
- (ب) طاقة وضع الرياضى عند النقطة b.
- (جـ) طاقة الرياضى الكلية عند نقطة b.

(٣) أكمل الكلمات المتقاطعة:



أفقيًا:

(٣) مجموع طاقتى الوضع والحركة.

(٤) الطاقة التى يكتسبها الجسم نتيجة لوضعه.

رأسيًا:

(١) الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكن يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى.

(٢) الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.

تدريبات عامة على الباب الرابع

١ اختر الإجابة الصحيحة مما يلى:

أ جسم طاقة حركته $(4\,J)$ ، كم تكون طاقة حركته إذا تضاعفت سرعته؟

- $8J$
- $16J$
- $4J$
- $0.8J$

ب إذا كان جسم كتلته $(2\,kg)$ ويقع على ارتفاع $(5\,m)$ فوق سطح الأرض، فإن طاقة وضعه هى:

- $98J$
- $10J$
- $2.5J$
- $9.8J$

جـ الطاقة المختزنة فى زنبرك مضغوط هى:

- طاقة حركة.
- طاقة وضع.
- طاقة نووية.
- طاقة تنافر.

د إذا قذف جسم لأعلى فأى الكميات الفيزيائية تساوي صفرًا عند أقصى ارتفاع:

- قوة الجاذبية الأرضية.
- العجلة.
- طاقة الوضع.
- السرعة.

٢ علل لما يأتى:

أ الشغل كمية قياسية؟

ب طاقة وضع الماء أعلى الشلال أكبر من طاقة وضعه فى قاع الشلال؟

جـ عندما يحمل شخص حقيبة ويسير على سطح الأرض فإنه لا يبذل شغلاً؟

٣ أثرت قوة مقدارها $(100\,N)$ على جسم فحركته إزاحة قدرها $(2.5\,m)$ أوجد الشغل الذى تبذله هذه القوة فى الحالات الآتية:

أ إذا كانت القوة فى نفس اتجاه حركة الجسم.

ب إذا كانت القوة تميل بزاوية (60°) على اتجاه الحركة.

جـ إذا كانت القوة عمودية على اتجاه حركة الجسم.

٤ احسب كتلة جسم عند سطح الأرض إذا علمت أن طاقة وضعه عند نقطة على بعد $(5\,m)$ من سطح الأرض تساوى $(980\,J)$ وأن عجلة الجاذبية الأرضية $(9.8\,m/s^2)$

٥ قذفت كرة رأسيًا لأعلى فكانت سرعتها $3\,m/s$ عند ارتفاع $4\,m$. فما مقدار الشغل المبذول لقذف الكرة إذا كانت كتلتها $0.5\,kg$ وعجلة الجاذبية الأرضية $10\,m/s^2$

٥ جسم كتلته 4 kg يسقط سقوطا حرًّا من ارتفاع 20m فوق سطح الأرض. أكمل الفراغات الموجودة بالجدول التالى معتبرًا عجلة الجاذبية الأرضية $10\ m/s^2$ ومتغاضيًا عن مقاومة الهواء.

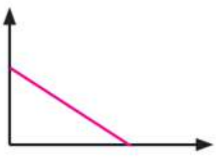
النقطة	إزاحة الجسم بالمتر من نقطة السقوط	طاقة الوضع بالجول	سرعة الجسم	طاقة الحركة بالجول	الطاقة الميكانيكية للجسم بالجول
أ	0	....	....	....	....
ب	....	....	5m /s	....	....
جـ	....	400 J	....	....	....
د	....	....	....	800 J	....

من النتائج التى توصلت إليها، حدِّد موضع النقطة أثناء السقوط التى تكون عندها:

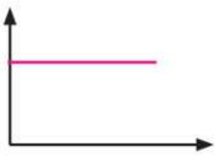
- أ الطاقة الميكانيكية للجسم مساوية لطاقة حركته .
- ب الطاقة الميكانيكية للجسم مساوية لطاقة الوضع له.
- جـ طاقة الحركة للجسم مساوية لطاقة الوضع.

٦ قذف جسم رأسيًّا إلى أعلى، ولديك ثلاثة أشكال بيانية : (أ) ، (ب) ، (جـ) للتعبير عن العلاقة بين بعض الكميات الفيزيائية له.

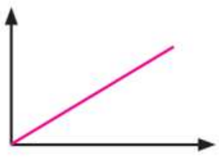
١



٢



٣



حدد أيها يعبر عن العلاقة بين كل من :

- أ طاقة الوضع وارتفاع الجسم عن الأرض.
- ب طاقة الحركة وارتفاع الجسم عن الأرض.
- جـ طاقته الميكانيكية وارتفاعه عن الأرض.

ملخص الباب

المفاهيم الرئيسية:

- **الشغل:** هوحاصل ضرب القوة فى الإزاحة فى اتجاه خط عمل القوة، وهو كمية قياسية، وتقاس بوحدة الجول (J).
- **الجول:** الشغل الذى تبذله قوة مقدارها نيوتن واحد لتحريك جسم مسافة متر واحد فى اتجاه القوة.
- **الطاقة:** هى القدرة على بذل شغل.
- **طاقة الحركة:** هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.
- **طاقة الوضع:** هى الطاقة التى يمتلكها الجسم نتيجة لتغير موضعه، وهى طاقة مختزنة داخله.

القوانين الرئيسية:

- **قانون بقاء الطاقة:** الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكن يمكن أن تتحول من صورة لأخرى.
- **قانون بقاء الطاقة الميكانيكية:** مجموع طاقتى الوضع والحركة لجسم عند أى نقطة فى مساره يساوى مقدارًا ثابتًا.

العلاقات الرئيسية:

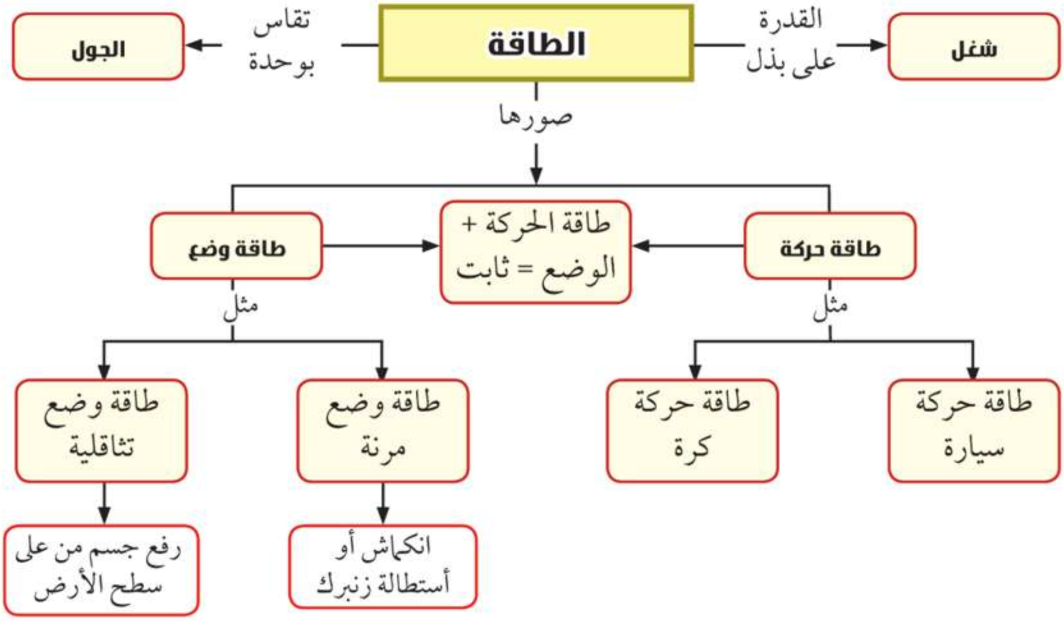
$$W = F.d \cos \theta$$

$$K.E = \frac{1}{2} mv^2$$

$$P.E = mg\, h$$

الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة

خريطة الباب


شغل
القدرة على بذل
الطاقة
تقاس بوحدة
الجول
صورها
طاقة حركة
طاقة الحركة + الوضع = ثابت
طاقة وضع
مثل
مثل
طاقة حركة سيارة
طاقة حركة كرة
طاقة وضع مرنة
طاقة وضع تثاقلية
انكماش أو أستطالة زنبرك
رفع جسم من على سطح الأرض

المواصفات الفنية:

رقم الكتاب:	٤١٤/١٠/٣/٣٣/١/٢٧
مقاس الكتاب:	١/٨ (٥٧ × ٨٢) سم
طبع المتن:	٤ ألوان
طبع الغلاف:	٤ ألوان
ورق المتن:	٧٠ جم أبيض
ورق الغلاف:	١٨٠ جم كوشيه
عدد الصفحات بالغلاف:	١٥٢ صفحة

http://elearning.moe.gov.eg

الأشراف برنتنج هاوس